

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



**CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE UN
EDIFICIO**

INGENIERÍA INDUSTRIAL

AUTOR: Omar Tabuyo Rodríguez

TUTORA: Consuelo Gómez Pulido

Leganés, 11 de febrero de 2010

INDICE

1	OBJETIVOS	- 3 -
2	INTRODUCCION	- 3 -
3	ANALISIS DEL ENTORNO ENERGETICO EUROPEO	- 4 -
3.1	Una idea prioritaria: Reducción de CO ₂	- 4 -
3.2	Una nueva necesidad, una nueva normativa	- 5 -
3.3	Razones del ahorro energético	- 5 -
3.4	Estrategias de eficiencia energética	- 6 -
3.5	Normativa reguladora	- 7 -
3.5.1	Directiva 2002/91/CE	- 7 -
3.5.2	Directiva 2006/32/CE	- 8 -
4	ANALISIS DEL ENTORNO ENERGETICO NACIONAL	- 8 -
4.1	Situación energética en España	- 8 -
4.2	Evolución del consumo y de la intensidad en España	- 10 -
4.2.1	Usos Diversos: Sector Residencial y Sector Terciario	- 10 -
4.2.1.1	Sector Residencial	- 10 -
4.2.1.2	Sector Terciario	- 11 -
4.3	Estrategia Española de eficiencia energética	- 11 -
4.4	Plan de acción 2008-2012	- 13 -
4.5	Algunos datos y hábitos de ahorro de los hogares españoles	- 14 -
4.6	Factores que influyen en el consumo de la energía en los edificios	- 14 -
4.7	Normativa Española referente al sector de la edificación	- 15 -
4.7.1	Real Decreto 47/2007	- 15 -
4.7.1.1	Certificación de eficiencia energética de los edificios	- 16 -
4.7.2	Real Decreto 314/2006	- 18 -
4.7.2.1	Código Técnico de la Edificación	- 18 -
4.7.3	Real Decreto 1027/2007	- 19 -
4.7.3.1	Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)	- 20 -
4.8	Organismos reguladores	- 20 -
5	PROGRAMAS DE SIMULACION	- 21 -
5.1	LIDER y CALENER	- 21 -
5.1.1	LIDER	- 21 -
5.1.1.1	Manual LIDER	- 22 -
5.1.2	CALENER	- 22 -
5.1.2.1	Manual CALENER	- 23 -
5.2	Programas emergentes	- 24 -
5.2.1	CERMA	- 24 -
5.2.2	CES	- 25 -
5.2.3	ATECYR HE1	- 25 -
5.2.4	Comparación	- 25 -
5.2.4.1	CERMA vs CALENER	- 25 -
5.2.4.2	CES vs CALENER	- 27 -
5.3	Otras herramientas	- 27 -
5.3.1	LEED	- 27 -
5.3.2	VERDE	- 29 -
6	CASO PRÁCTICO	- 30 -
6.1	Introducción	- 30 -

6.2	Estudio previo a la simulación.....	- 31 -
6.2.1	Estudio previo del edificio.....	- 31 -
6.2.2	Zonificación del edificio.....	- 31 -
6.2.3	Cerramientos opacos y semitransparentes.....	- 33 -
6.2.3.1	Cerramientos opacos	- 33 -
6.2.3.2	Cerramientos semitransparentes	- 33 -
6.2.4	Ya se puede empezar	- 33 -
6.3	Definición del caso practico	- 34 -
6.3.1	Presentación del edificio.....	- 34 -
6.3.2	Zonificación del edificio.....	- 34 -
6.3.3	Cerramientos.....	- 35 -
6.4	Algunos consejos antes de empezar	- 36 -
6.5	Introducción de datos en el LIDER.	- 37 -
6.5.1	Introducción de datos adicionales.....	- 39 -
6.6	Resultados de la simulación en LIDER.....	- 40 -
6.6.1	Casos en los que el edificio “no cumple”	- 40 -
6.6.1.1	El edificio no cumple por la elevada demanda de refrigeración o calefacción.....	- 40 -
6.6.1.2	Los siguientes cerramientos y/o particiones interiores no cumplen con los requisitos mínimos	- 41 -
6.6.1.3	Existen riegos de formación de condensaciones intersticiales en los siguientes cerramientos y/o particiones interiores.....	- 41 -
6.6.1.4	Existen riegos de formación de condensaciones superficiales en los siguientes cerramientos y/o particiones interiores.....	- 42 -
6.6.2	Resultados del caso practico.....	- 42 -
6.7	Introducción de datos en CALENER	- 45 -
6.7.1	De LIDER a CALENER GT	- 46 -
6.7.2	Revisar los datos exportados	- 46 -
6.7.3	Subsistemas primarios y secundarios	- 47 -
6.8	Resultado de la simulación en CALENER GT	- 48 -
6.8.1	Posibles errores en la simulación	- 48 -
6.8.2	Resultados del caso práctico.....	- 49 -
6.9	Medidas de mejora de la calificación del edificio	- 52 -
6.9.1	Cambio de los sistemas de generación de calor y frío.....	- 52 -
6.9.1.1	Conclusiones del estudio de los casos	- 61 -
6.9.2	Análisis de otros parámetros	- 61 -
6.9.2.1	Conclusiones de las modificaciones realizadas	- 66 -
6.9.3	El mejor edificio posible	- 66 -
7	CONCLUSIONES.....	- 68 -
8	BIBLIOGRAFÍA.....	- 69 -
ANEXO 1: Planos del edificio		
ANEXO 2: Composición de los cerramientos		
ANEXO 3: Cálculo de las luminarias		
ANEXO 4: Cálculos de climatización		
ANEXO 5: Dimensionado de la máquina de absorción		
ANEXO 6: Definición de los horarios en CALENER GT		
ANEXO 7: Archivos simulados en el proyecto		

1 OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto es el de simular energéticamente un edificio para averiguar su calificación energética mediante los programas de simulación LIDER y CALENER GT.

Se pretende que sea una guía práctica para todo aquel que desee realizar simulaciones energéticas, ya que el proyecto incluye además del estudio energético pequeñas indicaciones y consejos que, según mi experiencia, han servido para facilitar y aproximar lo más posible a la realidad dichas simulaciones, de modo que el estudio sea lo más exacto posible. También incluye medidas de ahorro energético y su influencia en el edificio.

2 INTRODUCCION

Cada persona, en su vida diaria, es usuario de más de un edificio. Empezamos por nuestra propia residencia y el lugar de trabajo; pero también somos usuarios de otros edificios, como los que prestan servicios docentes, sanitarios, culturales, etc. En cada uno de ellos para atender distintas necesidades como la calefacción, refrigeración, disponibilidad de agua caliente sanitaria, ventilación, iluminación, cocción, lavado, conservación de los alimentos, ofimática, etc., se consume energía. Pues bien, la suma de ésta representa en España el 20% del consumo de energía final.

“En 2008 ha mejorado significativamente la eficiencia energética, ha bajado un 4% la intensidad final y un 4,7% la intensidad primaria sobre el PIB. Esta tendencia de mejora se viene registrando desde el año 2004, con una mejora del 10,7% en intensidad final y del 11,7% en primaria”.

Esta alentadora frase esta escrita en el libro de la energía en España en 2008, publicación anual que arroja los datos de balance de energía primaria, final, indicadores y producción interna.

Tras años de esfuerzo, las medidas de ahorro energético junto con las medidas de eficiencia energética se han traducido en una tendencia decreciente de la intensidad final y de la intensidad primaria sobre el PIB.

Una parte de estas medidas afectan al sector de “Usos Diversos”, Residencial, Terciario, Agricultura y Pesca, que disminuyó el consumo un 4,73%, con respecto al año anterior, alcanzando los 29.059 ktep.

Todos estos datos, las medidas de ahorro energético y eficiencia energética así como la normativa reguladora y los organismos implicados se trataran con mayor profundidad en páginas posteriores, haciendo especial hincapié en el sector residencial y terciario.

3 ANALISIS DEL ENTORNO ENERGETICO EUROPEO

3.1 Una idea prioritaria: Reducción de CO₂

La directiva 93/76/CEE, publicada el 13/09/1993, está destinada a reducir las emisiones de CO₂ mediante la mejora de la eficiencia energética.

Ya en 1994 se reconoció que este objetivo no sería suficiente para estabilizar el incremento global en las emisiones de CO₂. Posteriormente, el 12/1997 se adoptó el Protocolo de Kyoto, según el cual los países industrializados, de media, deben reducir sus emisiones en el primer periodo de compromiso en un 5,2 % por debajo de las de 1990 entre 2008 y 2012.

La idea estaba clara, había que reducir las emisiones de CO₂. La Directiva 93/76/CEE reconoce de forma explícita la importancia del sector de la edificación en la reducción de emisiones y la necesidad de una certificación energética de los edificios para alcanzar este objetivo.

La 93/76/CEE exige a los estados miembros el establecimiento y aplicación de programas en los siguientes ámbitos que nos afectan:

- a) Certificación energética de los edificios.
- b) Aislamiento térmico de edificios nuevos.

- c) Facturación de gastos de calefacción, ACS y refrigeración en función del consumo real, permitiendo a los usuarios regular ese consumo individualmente.
- d) Inspección periódica de calderas ($P > 15 \text{ Kw.}$)

Si bien, esta directiva ya en 1993 tenía un planteamiento correcto acorde con las necesidades actuales en lo relativo a los requerimientos al proceso de certificación. Como muchas otras directivas su indefinición en cuanto a sus alcances implicó la dificultad de su aplicación por muchos países de la UE.

3.2 Una nueva necesidad, una nueva normativa

La idea de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero trae consigo nuevos términos como son eficiencia energética, certificación energética, etc. que se han de definir para saber con precisión de que se está hablando.

Con el 40% de energía consumida en los edificios, la UE introdujo medidas de apoyo jurídico para garantizar un consumo menor de energía.

En 2002, la UE elabora una nueva directiva, la directiva 2002/91/CE, cuyo objetivo es fomentar la eficiencia energética de los edificios de la Comunidad, teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, así como los requisitos ambientales interiores y la relación coste-eficacia.

Se habla de requisitos mínimos de rendimiento energético en edificios nuevos de nueva construcción, de inspección de calderas y de aires acondicionados y de adoptar una metodología a nivel nacional o regional en el cálculo de la eficiencia energética de un edificio.

3.3 Razones del ahorro energético

La UE depende de las importaciones de energía en un 50 % de su consumo actual, cifra que podría pasar al 70 % de aquí al 2030. A esta fuerte dependencia se añaden el agotamiento previsto de las fuentes de energía tradicionales y el insuficiente desarrollo de las fuentes renovables. Juntos,

constituyen tres factores que exigen un control de la demanda energética para consumir mejor con menos.

En el Libro Verde, la Comisión señala que la UE puede reducir su consumo energético un 20 % de aquí al 2020. Este nivel de ahorro tendría un impacto positivo doble para los ciudadanos de la UE. Por una parte, reforzaría la competitividad de la industria europea en el marco de la estrategia de Lisboa y supondría la creación de un millón de puestos de trabajo en los sectores interesados (gestión del transporte, tecnologías a alta eficiencia energética, etc.). Y por otra, un ahorro del 20 % de la energía permitiría a la UE cumplir sus compromisos de Kyoto, reduciendo las emisiones de CO₂ para preservar un medio ambiente sano para los ciudadanos de hoy y mañana.

3.4 Estrategias de eficiencia energética

De mantenerse las tendencias actuales, el consumo de energía en Europa experimentará una subida del 10 % a lo largo de los próximos quince años. La Comisión se propone invertir esta tendencia, combatiendo las principales formas de derroche energético.

Comunicación de la Comisión, de 10 de enero de 2007, «Limitar el calentamiento mundial a 2°C - Medidas necesarias hasta 2020 y después» [no publicada en el Diario Oficial], donde se desarrollan medidas para destinar a limitar el calentamiento global. De esta comunicación se ha destacado la parte que hace referencia a edificios:

“El gasto energético de los edificios puede reducirse hasta en un 30 % ampliando el ámbito de aplicación de la Directiva sobre eficiencia energética de los edificios y mediante la instauración de requisitos de eficiencia europeos que promuevan los edificios con muy bajo consumo de energía (que se generalizarían de aquí a 2015)”.

El Consejo Europeo considera que los países desarrollados deberían comprometerse, en el marco de un acuerdo internacional, a reducir colectivamente sus emisiones en aproximadamente un 30 % de aquí a 2020, respecto de 1990, y entre un 60 y un 80 % hasta 2050.

El Consejo Europeo apoya los siguientes objetivos:

- aumentar la eficiencia energética con el fin de ahorrar un 20 % del consumo energético de la UE respecto de las proyecciones para el año 2020;
- llevar al 20 % el porcentaje representado por las energías renovables en el consumo energético total de la UE de aquí a 2020;
- elevar, como mínimo, al 10 % el porcentaje representado por los biocarburantes en el consumo total de gasolina y gasóleo destinados al transporte en la UE de aquí a 2020.

3.5 Normativa reguladora

Las principales directrices de actuación presentes y futuras son las que propone la Directiva 2002/91/CE, relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2006/32/CE, sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos.

3.5.1 Directiva 2002/91/CE

El objetivo de la Directiva 2002/91/CE es fomentar la eficiencia energética de los edificios de la Comunidad, teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, así como los requisitos ambientales interiores y la relación coste-eficacia.

La presente Directiva establece requisitos en relación con:

- a) el marco general de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios;
- b) la aplicación de requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios nuevos;
- c) la aplicación de requisitos mínimos de eficiencia energética de grandes edificios existentes que sean objeto de reformas importantes;
- d) la certificación energética de edificios, y
- e) la inspección periódica de calderas y sistemas de aire acondicionado de edificios y, además, la evaluación del estado de la instalación de calefacción con calderas de más de 15 años.

3.5.2 Directiva 2006/32/CE

La finalidad de la presente Directiva es fomentar la mejora rentable de la eficiencia del uso final de la energía en los Estados miembros:

- a) aportando los objetivos orientativos, así como los mecanismos, los incentivos y las normas generales institucionales, financieras y jurídicas necesarios para eliminar los obstáculos existentes en el mercado y los defectos que impidan el uso final eficiente de la energía;
- b) creando las condiciones para el desarrollo y el fomento de un mercado de servicios energéticos y para la aportación de otras medidas de mejora de la eficiencia energética destinadas a los consumidores finales.

4 ANALISIS DEL ENTORNO ENERGETICO NACIONAL

4.1 Situación energética en España

El consumo de energía primaria en 2008 bajó un 3,1% respecto al del año anterior. Esta evolución ha venido acompañada de la continuidad del aumento de los precios de las energías primarias en los mercados internacionales en el primer semestre y la fuerte caída en el segundo, en el contexto de la crisis económica internacional.

La demanda de energía final bajó un 2,3% en 2008, derivada de la menor actividad en algunos sectores, especialmente en el transporte, doméstico y terciario. En el conjunto del año se ha mantenido la demanda energética de la industria, aunque con desigual evolución en las dos mitades del año.

De este modo se distribuye el consumo de energía:

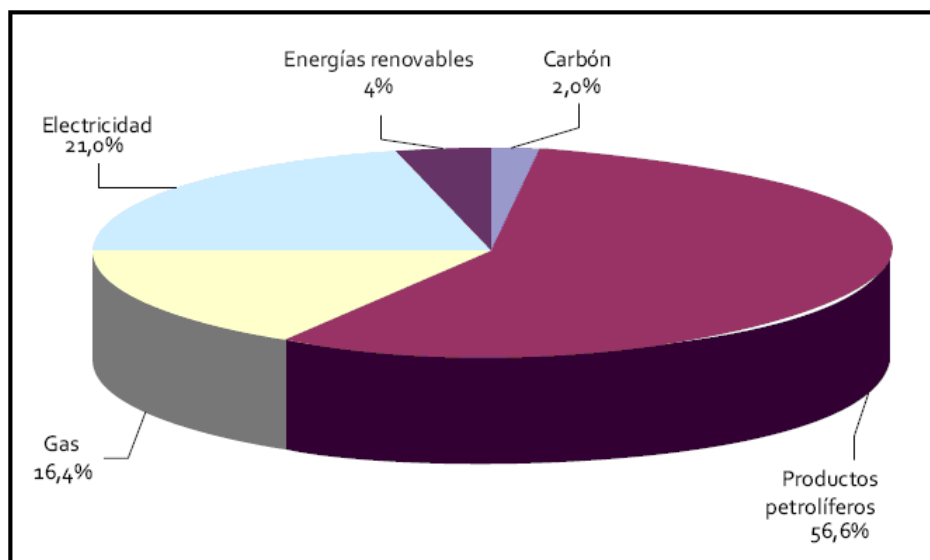


Ilustración 4-1. Consumo de energía final en España.

Como consecuencia de lo indicado, en 2008 ha mejorado significativamente la eficiencia energética, ha bajado un 4% la intensidad final y un 4,7% la intensidad primaria sobre el PIB. Esta tendencia de mejora se viene registrando desde el año 2004, con una mejora del 10,7% en intensidad final y del 11,7% en primaria desde dicho año. Esta evolución es similar a las de los países desarrollados y ha sido derivada de las políticas energéticas de apoyo a la eficiencia energética, al desarrollo de las energías renovables y a la generación con gas en ciclo combinado, de alto rendimiento relativo.

En materia de eficiencia energética, en 2008 continuó la aplicación del segundo Plan de Acción 2008-2012 de la Estrategia Española de Eficiencia Energética (E4). No obstante, la conveniencia de reforzar las políticas de gestión de la demanda en la coyuntura económica del primer semestre del año, hicieron necesaria la aprobación del Plan de

Activación del Ahorro y la Eficiencia Energética 2008-2011, que supone una ambiciosa iniciativa del Gobierno para desarrollar medidas que intensifiquen el ahorro y eficiencia energética, que se enmarcan dentro de tres ejes estratégicos: movilidad sostenible, edificación sostenible y sostenibilidad energética. Asimismo, las medidas se articulan entorno a cuatro líneas de actuación: una primera línea de ámbito transversal; una segunda de movilidad; una tercera de edificios; y una última de ahorro eléctrico.

La prospectiva para 2050 plantea un aumento de la demanda de petróleo con una disminución progresiva de la producción, con unos ajustes oferta/demanda críticos y en la que el cambio climático provocará una adopción masiva de tecnologías de elevada eficiencia y baja emisión de carbono.

4.2 Evolución del consumo y de la intensidad en España

En el año 2008, el consumo de energía primaria en España ascendió a 142.075 ktep, un 3,1% inferior al del año anterior. Este descenso consolida la tendencia a la baja iniciada en el año 2005.

En general, cabe destacar la continua tendencia al alza de la participación del gas natural y de las energías renovables en la cobertura a la demanda energética, tal y como muestra la figura 8.1, que a su vez se refleja el efecto positivo de esta participación en la mejora de eficiencia del sistema energético, como se desprende de la tendencia a la baja en el consumo de energía primaria.

4.2.1 Usos Diversos: Sector Residencial y Sector Terciario

El consumo de energía final de los sectores identificados bajo la categoría de “Usos Diversos”, Residencial, Terciario, Agricultura y Pesca, disminuyó el pasado año un 4,73%, con respecto al año anterior, alcanzando los 29.059 ktep. La mayor parte de este consumo fue absorbido por los sectores residencial (56%) y terciario (32%).

4.2.1.1 Sector Residencial

En lo que se refiere al sector residencial, la distribución del consumo energético por usos registrada en el año 2007, último año disponible para este tipo de información, muestra al consumo asociado a calefacción de las viviendas (47%) como el mayor demandante de energía. Este dato contrasta el 67% de cuota que este uso registra en la media europea, lo cual se explica en buena parte por la benevolencia de nuestro clima en invierno. Por otra parte, de acuerdo a la última información disponible correspondiente al año 2007, la comparación a nivel europeo del consumo energético por hogar corregido por el clima, sitúa a nuestro país como el menos intensivo energéticamente con

aproximadamente 1 tep/hogar, entre un 35 y un 40 por ciento inferior al consumo energético medio de un hogar europeo.

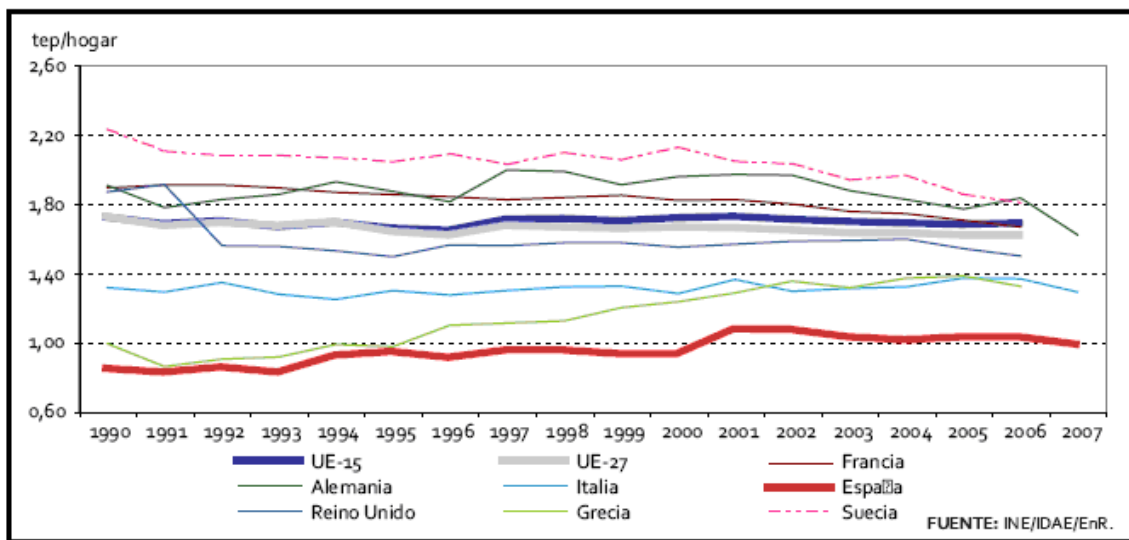


Ilustración 4-2. Consumo energético medio de un hogar.

4.2.1.2 Sector Terciario

Con respecto al sector terciario, el consumo energético en los últimos años parece haberse estabilizado. Atendiendo al consumo por fuentes energéticas, cabe destacar la creciente participación del consumo eléctrico, que representa más del 60% del consumo total de este sector. Se espera que la normativa de reciente aplicación en lo relativo a la edificación contribuya a paliar a medio plazo la demanda eléctrica en climatización e iluminación del sector terciario.

4.3 Estrategia Española de eficiencia energética

El 8 de julio de 2005 el Consejo de Ministros aprobó el Plan de Acción 2005-2007 de Ahorro y Eficiencia Energética.

La reducción de la intensidad energética es un objetivo prioritario para cualquier economía, siempre que su consecución no afecte negativamente al volumen de actividad. Uno de los parámetros que determinan la correlación entre consumo de energía y crecimiento económico es la evolución de la intensidad energética, indicador generalista que señala la relación entre consumos de energía y el Producto Interior Bruto. Calculada la intensidad a paridad de poder de compra, es decir corregido el indicador por el poder

adquisitivo medio de la Unión Europea, el indicador español se sitúa todavía por debajo de la media europea, aunque con una clara tendencia convergente.

En este sentido, resulta necesario y oportuno definir esta Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España, especialmente, por tres motivos básicos:

1. La elevada dependencia energética exterior. España importa el 75% de la energía primaria que utiliza frente al 50% de media en la UE, cifra considerada ya elevada por las instituciones comunitarias. Además, esa dependencia va en aumento, con las implicaciones no sólo económicas y comerciales que ello supone, sino también con unos efectos medioambientales significativos al tratarse mayormente de productos fósiles con un elevado nivel de emisiones de efecto invernadero.
2. La economía española viene evolucionando durante los últimos años a tasas de crecimiento anual superiores a la media europea, lo que está permitiendo un avance significativo en convergencia real. No obstante, esta evolución también se ha visto acompañada por crecimientos de la demanda energética importantes, con tasas de incremento anual superiores algunos años a las de la economía. De ahí que el indicador de Intensidad Energética (relación entre el consumo de energía y PIB) muestre tendencias de ligero crecimiento durante los últimos años, hecho que puede estar justificado dado el actual estadio de desarrollo económico español y no representa mayor consumo por unidad de PIB que en otros países.
3. La ejecución de la Estrategia promueve una reducción significativa de emisiones de contaminantes atmosféricos, en concordancia con las Directivas europeas y orientaciones internacionales.

El 28 de Noviembre de 2003 el Consejo de Ministros aprobó la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España (E-4) para el período 2004-2012, que estima unos ahorros de energía para los citados años de 12.853 millones de euros, equivalentes al petróleo crudo importado en la actualidad durante un

año. La estrategia fue presentada a La Comisión de Economía y Hacienda del Parlamento el día 9 de Diciembre.

Estos ahorros, derivados de una reducción de la intensidad energética del 7,2% (energía necesaria por unidad de producto) serán consecuencia tanto del propio desarrollo tecnológico como de medidas de las Administraciones y sectores productivos para fomentar el ahorro energético.

4.4 Plan de acción 2008-2012

El Consejo de Ministros aprueba el 20 de julio de 2007 el nuevo Plan de Acción, para el periodo 2008 – 2012, de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012.

El Plan generará un ahorro de 87,9 millones de toneladas equivalentes de petróleo (el equivalente al 60% del consumo de energía primaria en España durante 2006) y permitirá una reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera de 238 millones de toneladas.

El Plan de Acción 2008-2012, en el Sector Edificación, propone las siguientes medidas:

- a) Rehabilitación de la envolvente de los edificios existentes: Promover las actuaciones sobre la envolvente térmica de los edificios con objeto de reducir la demanda energética en calefacción y refrigeración.
- b) Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios existentes. La sustitución de equipos de producción de calor y frío, de movimientos de fluidos e incorporación de sistemas de enfriamiento gratuito y de recuperación térmica.
- c) Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior de los edificios existentes mediante sustitución de luminarias, lámparas y/o equipos, incorporación de sistemas de control y regulación, así como sustitución de sistemas de iluminación.
- d) Promover la construcción de nuevos edificios y la rehabilitación de existentes con alta calificación energética mediante una Línea de Apoyo económico a los edificios que obtengan una calificación energética A y/o B.

4.5 Algunos datos y hábitos de ahorro de los hogares españoles

- El 96,9% de los hogares españoles adopta algún hábito para ahorrar agua. Ocho de cada 10 utilizan sus lavadoras y lavavajillas a plena carga.
- El acceso a la energía eléctrica es prácticamente universal en los hogares españoles. Los gases licuados del petróleo (butano, propano...) están disponibles en el 42,1% de las viviendas y el gas canalizado en el 40,5%. Menos del 1% de los hogares tiene instalado algún dispositivo de captación de energía solar.
- Siete de cada 10 hogares dispone de calefacción. El 45,9% de los sistemas de calefacción funcionan con gas y el 26,5% es eléctrico. El aire acondicionado está disponible en el 35,5% de las viviendas.
- En tres de cada cuatro viviendas se separa el papel, el vidrio y los envases de plástico y metálicos para llevarlos a un punto de recogida específico. En seis de cada 10 hogares se separan los residuos orgánicos para llevarlos a su punto de recogida.
- El 85,5% de las viviendas españolas dispone de alguna luz de bajo consumo.

4.6 Factores que influyen en el consumo de la energía en los edificios

Los factores que tienen mayor influencia en el consumo de energía de los edificios se han agrupado de la forma siguiente:

- El número de edificios: debido a que un aumento del número de edificios de viviendas y terciario tiene como consecuencia un mayor consumo global de energía. En el sector doméstico la ralentización en el aumento de la población no se ha traducido en una estabilización del consumo de energía ya que se ha producido un aumento de unidades familiares pero con una reducción en el número de individuos que las componen. Un mayor número de hogares se traduce en un aumento del consumo para la calefacción, dado que el mismo está ligado a la superficie de las

viviendas, que al número de personas que la habitan, a diferencia de los que ocurre con el consumo de agua caliente sanitaria.

- El clima: debido a que la temperatura exterior, la radiación solar, el número de horas de sol, etc. Son factores que afectan a la demanda de energía de los edificios.
- La envolvente del edificio: es decir, las características térmicas de los cerramientos que constituyen la capa que limita el edificio con el ambiente exterior, como son las fachadas, ventanas, cubierta y suelo.
- Las condiciones de operación y funcionamiento: se refiere al horario de funcionamiento, el número de ocupantes, la variabilidad de los mismos en el tiempo, hábitos de higiene, por ejemplo en la demanda de agua caliente sanitaria; las condiciones de confort a mantener en su interior, etc.
- El rendimiento de las instalaciones térmicas y de iluminación: la mejora del nivel de vida de nuestro país ha favorecido la instalación de un mayor número de sistemas de calefacción y aire acondicionado, lo que se ha traducido también en un mayor consumo energético. El rendimiento medio estacional de estas instalaciones -que depende de los rendimientos parciales de los equipos y del sistema seleccionado en si, junto con la fuente de energía utilizada- tiene influencia también en el consumo de energía.

4.7 Normativa Española referente al sector de la edificación

4.7.1 Real Decreto 47/2007

La Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002, relativa a la eficiencia energética de los edificios establece la obligación de poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un certificado de eficiencia energética.

Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

El objetivo principal de este real decreto consiste en establecer el Procedimiento básico que debe cumplir la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética, con el que se inicia el proceso de certificación, considerando aquellos factores que más incidencia tienen en el consumo de energía de los edificios de nueva construcción o que se modifiquen, reformen o rehabiliten en una extensión determinada. También se establecen en el mismo las condiciones técnicas y administrativas para las certificaciones de eficiencia energética de los proyectos y de los edificios terminados.

4.7.1.1 Certificación de eficiencia energética de los edificios

La Certificación de eficiencia energética de los edificios es una exigencia derivada de la Directiva 2002/91/CE.

En lo referente a Certificación Energética, esta Directiva se transpone parcialmente al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

Mediante una etiqueta de eficiencia energética, se asignará a cada edificio una Clase Energética de eficiencia, que variará desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes.

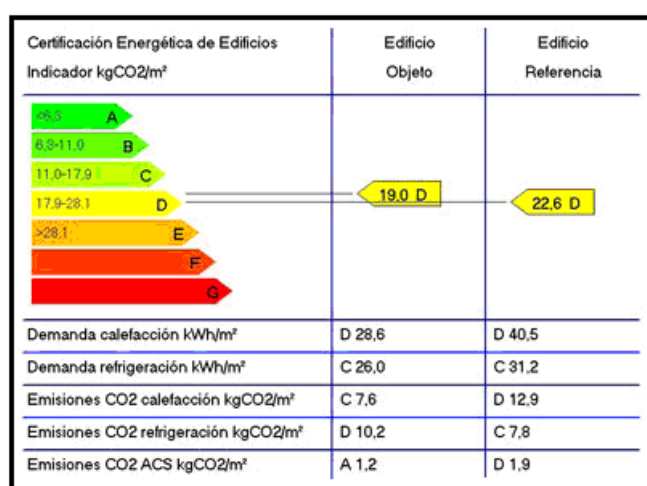


Ilustración 4-3. Etiqueta de eficiencia energética.

Para la obtención de la escala de calificación, en nuestro país se ha realizado un estudio específico en el que se detalla el procedimiento utilizado para

obtener los límites de dicha escala en función del tipo de edificio considerado y de la climatología de la localidad. Este procedimiento ha tomado en consideración las escalas que en la actualidad se sopesan en otros países y, en particular, la propuesta que figura en el documento del CEN prEN 15217 “Energy performance of buildings: Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings”.

La determinación del nivel de eficiencia energética correspondiente a un edificio puede realizarse empleando dos opciones:

- La opción general, de carácter prestacional, a través de un programa informático;
- y la opción simplificada, de carácter prescriptivo, que desarrolla la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética de una manera indirecta.

La opción general se basa en la utilización de programas informáticos que cumplen los requisitos exigidos en la metodología de cálculo dada en el RD 47/2007. Se ha desarrollado un programa informático de referencia denominado CALENER, promovido por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio a través del IDAE y la Dirección General de Arquitectura y Política de Vivienda del Ministerio de Vivienda, sobre el que se profundizará en capítulos posteriores.

Este programa cuenta con dos versiones:

- 1) CALENER VYP, para edificios de Viviendas y del Pequeño y Mediano Terciario (Equipos autónomos).
- 2) CALENER GT, para grandes edificios del sector terciario.

La opción simplificada consiste en la obtención de una clase de eficiencia a partir del cumplimiento por parte de los edificios afectados de unas prescripciones relativas tanto a la envolvente del edificio como a los sistemas térmicos de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria e iluminación. El conjunto de estas prescripciones se denomina solución técnica.

4.7.2 Real Decreto 314/2006

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

Con los objetivos de mejorar la calidad de la edificación, y de promover la innovación y la sostenibilidad, el Gobierno aprueba el Código Técnico de la Edificación. Se trata de un instrumento normativo que fija las exigencias básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones.

Esta nueva normativa contribuye de manera decisiva al desarrollo de las políticas del Gobierno de España en materia de sostenibilidad, en particular del Plan de Acción de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética, y se convierte en instrumento de compromisos de largo alcance del Gobierno en materia medioambiental, como son el Protocolo de Kyoto o la Estrategia de Göteborg.

4.7.2.1 Código Técnico de la Edificación

El Código Técnico de la Edificación da cumplimiento a los requisitos básicos de la edificación establecidos en la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad, la sostenibilidad de la edificación y la protección del medio ambiente.

El CTE se divide en varios Documentos Básicos, DB, que se citan a continuación:

- o DB-SE
 - DB-SE: Seguridad Estructural
 - DB-SE AE: Acciones en la Edificación
 - DB-SE C: Cimientos
 - DB-SE A: Acero
 - DB-SE F: Fábrica
 - DB-SE M: Madera

- DB-SI: Seguridad en caso de incendio
- DB-SU: Seguridad de Utilización
- DB-HS: Salubridad
- DB-HR: Protección frente al ruido
- DB-HE: Ahorro de energía

Se prestará especial atención en el desarrollo del caso práctico del proyecto al Documento Básico HE: Ahorro de energía. El DB-HE se divide a su vez en los siguientes subapartados:

- HE 1 Limitación de demanda energética.
- HE 2 Rendimiento de las instalaciones térmicas.
- HE 3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.
- HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- HE 5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.

4.7.3 Real Decreto 1027/2007

La necesidad de transponer la Directiva 2002/91/CE, de 16 de diciembre, de eficiencia energética de los edificios y la aprobación del Código Técnico de la Edificación por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, aconsejaron redactar un nuevo texto que derogue y sustituya al antiguo Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado por Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio y que incorpore, además, la experiencia de su aplicación práctica durante los últimos años.

Por ello el Consejo de Ministros del 20 de julio de 2007 aprobó el Real Decreto 1027/2007 por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Este Real Decreto tiene el carácter de reglamentación básica del Estado. Para su aplicación se deberá desarrollar por las Comunidades Autónomas la reglamentación complementaria correspondiente. Esto quiere decir que las Comunidades Autónomas podrán introducir requisitos adicionales sobre las mismas materias cuando se trate de instalaciones radicadas en su territorio.

4.7.3.1 Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)

El nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, para conseguir un uso racional de la energía.

El RITE, además impone la obligación de revisar y actualizar periódicamente, al menos cada 5 años, las exigencias de eficiencia energética.

4.8 Organismos reguladores

Estos Reales Decretos son redactados por el Ministerio de industria turismo y consumo (MITYC) y por el Ministerio de vivienda con el fin normalizar los procedimientos de actuación a la hora de realizar el estudio energético de un edificio.

En el MITYC a través de la Secretaria general de energía se creó la Comisión asesora para la certificación energética de edificios, órgano colegiado que aprueba la utilización de otros programas informáticos mediante el Documento de Condiciones de Aceptación de Procedimientos alternativos a LIDER y CALENER.

Se destacan como organismos nacionales públicos de la secretaria general de energía:

- Comisión Nacional de la Energía (CNE)
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)
- Consejo de Seguridad Nuclear (CSN)
- Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).

En el Ministerio de vivienda a través de la Dirección general de arquitectura y política de vivienda se crea el Registro general del CTE.

5 PROGRAMAS DE SIMULACION

Actualmente, la única forma de justificar la opción general del HE1 es utilizar el programa oficial LIDER.

No obstante, para la posterior certificación energética del edificio es necesario el uso del CALENER (VYP para vivienda o pequeño terciario y GT para mediano o gran terciario).

Ambos programas traen consigo manuales en los cuales se explica paso por paso el manejo de estas herramientas y que se explicaran mas adelante.

Será en el caso práctico donde se analizará un edificio y se explicará con mayor profundidad el funcionamiento de estos dos programas.

A continuación se describen estas dos herramientas, comparándolas con otros programas emergentes y se hablará también de otros programas que van más allá de la calificación energética de la que hasta ahora se está hablando.

5.1 LIDER y CALENER

5.1.1 LIDER

La aplicación LIDER (Limitación de la demanda energética) es la implementación informática de la opción general de verificación de la exigencia de limitación de demanda energética (HE 1), establecida en el documento básico de habitabilidad y energía del código técnico de la edificación, ofrecida por el ministerio de la vivienda y por el IDAE, y realizada por el grupo de termotecnia de la asociación de investigación y cooperación industrial de Andalucía, AICIA, con colaboración del instituto Eduardo Torroja de ciencias de la construcción, IETCC.

La herramienta informática LIDER ha sido diseñada para la descripción geométrica, constructiva y operacional de los edificios, así como para llevar a cabo todos los cálculos recogidos en el documento básico referido anteriormente, y la impresión de la documentación administrativa pertinente.

La definición de los edificios es compatible con la requerida por el programa base de calificación energética de los edificios, CALENER, en sus diferentes versiones adaptadas a los sectores residencial, pequeño y mediano terciario y gran terciario.

LIDER es una aplicación gratuita y puede descargarse de la siguiente dirección: <http://www.codigotecnico.org/index.php?id=33>

5.1.1.1 Manual LIDER

El manual del LIDER es un manual muy fácil de seguir, ya que va explicando el funcionamiento del programa siguiendo el flujo natural de este. LIDER se compone de una serie de botones en la parte superior de la interfaz grafica, como se muestra a continuación, que se han de ir activando de izquierda a derecha según se avanza en la introducción de datos para la construcción del edificio como se indica en el manual.

Dado que el manual es de libre acceso se recomienda que cualquier persona que vaya a hacer uso de LIDER siga el manual paso a paso para la correcta construcción del edificio.

Se profundizara mas en el caso práctico a medida que se va explicando como se introdujeron los datos, donde también se darán algunos consejos que fueron de gran ayuda para el uso de la herramienta ya que carece del tan buscado botón “deshacer”

5.1.2 CALENER

CALENER es un entorno de aplicaciones y documentos informáticos destinado a la Calificación Energética de edificios.

Para decidir que edificios del sector no-residencial o terciario son grandes y cuales pequeños y medianos debe basarse fundamentalmente en los tipos de sistemas (alcance) de los programas CALENER VYP y CALENER GT. Se recomienda el uso de CALENER GT en aquellas situaciones en las que, debido al tipo de sistema que tiene el edificio, no pueda usarse CALENER VYP o cualquier otra versión que se desarrolle en el futuro.

CALENER emplea como motor de cálculo el programa DOE-2.2 (Versión 2 del DOE-2). Realizado por el Departamento de Energía de EE.UU. y el Laboratorio Berkeley de igual nacionalidad, es probablemente uno de los programas de análisis energético de mayor prestigio.

Pueden descargarse las dos versiones de CALENER en la siguiente dirección:
<http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/ProgramaCalener/Paginas/DocumentosReconocidos.aspx>

En el desarrollo de este proyecto se ha utilizado como herramienta de calificación el CALENER GT y es por ello que a partir de aquí y en adelante se hablará de CALENER refiriéndose exclusivamente a CALENER GT.

5.1.2.1 Manual CALENER

En este caso, CALENER, dispone de cuatro manuales:

- Manual Usuario: donde se trata de explicar paso a paso el funcionamiento del programa y el orden en que se deben ir introduciendo los datos. Se podría decir que esta hecho del mismo modo que el manual del LIDER.
- Manual Técnico: en el que se explica el método seguido para el cálculo de ciertas propiedades, las coordenadas de referencia de muros, ventanas, etc. En este manual tambien se intenta seguir el orden lógico al igual que en el manual anterior.
- Manual Referencia: este manual es de gran ayuda para saber que parámetro está pidiéndose en el programa, ya que muchas veces se pide un caudal, por ejemplo, y no se sabe con seguridad de que caudal se trata. Este mismo manual es el que aparece al seleccionar la ayuda de un parámetro en el mismo programa. (botón derecho sobre el parámetro y ayuda propiedad).
- Manual Curvas: en este manual se cuenta como se han definido la curvas de funcionamiento de las bombas, de los sistemas primarios (calderas, enfriadoras,...) y de los sistemas secundarios (equipos autónomos, fan-coils, convectores,...). CALENER asigna según su

librería curvar a estos elementos, pero también da la opción de crear la curva de un elemento a partir de los datos del fabricante.

5.2 Programas emergentes

Recientemente se ha aprobado el Documento de Condiciones de Aceptación de Programas Informáticos Alternativos, por lo que se tendrá la posibilidad de justificar con otros software de simulación energética que sean así reconocidos el cumplimiento de las exigencias recogidas en la vigente normativa sobre Ahorro y Eficiencia Energéticos.

Se han desarrollado programas que realizan la certificación energética y que podrían reemplazar al CALENER (y por lo tanto al LIDER), pero actualmente están en proceso de ser homologados oficialmente. Se trata de:

- **CERMA:** Calificación Energética Residencial Método Abreviado del Instituto Valenciano de la Edificación y ATECYR
<http://www.five.es/descargas/ose/cerma.php> o
<http://www.atecyr.org/eATECYR/index.php>
- **CES:** Nuevo software para la certificación energética de los edificios desarrollado por MIYABI.
http://www.miyabi.es/CES_certificacion_energetica_simplificada.html

Y también se están desarrollando otros programas que realizan la limitación de la demanda energética al igual que LIDER:

- **ATECYR HE1:** Aplicación gratuita para cumplimentar la Sección 1 del Documento Básico de Ahorro de Energía que se puede obtener en:
<http://www.atecyr.org/eATECYR/index.php>

5.2.1 CERMA

El programa CERMA (Calificación Energética Residencial Método Abreviado) es aplicación gratuita de diseño y de predicción de la calificación de eficiencia energética que se obtendría con la aplicación de CALENER VYP, ofreciendo un estudio detallado para mejorar la calificación obtenida.

Desarrollada por ACETYR y el Instituto Valenciano de la Edificación, se encuentra en fase de tramitación como Documento Reconocido. Resultados que ofrece el programa:

- Predicción aproximada de la calificación energética en relación al CALENER VYP.
- Detalle de las calificaciones, demandas y consumos.
- Emisiones de CO₂ (kg/m²) mensual y anual de calefacción, refrigeración y ACS.
- Detalle de emisiones asociadas a cada uno de los elementos del edificio.
- Estudio paramétrico de mejoras tanto en la demanda como en los sistemas.

5.2.2 CES

Programa desarrollado por Miyabi que permite de una manera sencilla analizar edificios y calcular con exactitud la calificación que se obtendría aplicando el procedimiento general de calificación establecido en el Real Decreto 47/2007. Este programa ha sido presentado a trámite para su acreditación como método alternativo de calificación energética y se encuentra en su fase final de aprobación.

El programa está diseñado para edificios residenciales de nueva construcción en los que se puede realizar la verificación del Código Técnico de Edificación (CTE) por la vía simplificada.

5.2.3 ATECYR HE1

Se trata de una aplicación gratuita diseñada por ATECYR para cumplimentar la Sección 1 del Documento Básico de Ahorro de Energía (DB HE 1) del Código Técnico de la Edificación, Limitación de la Demanda Energética.

5.2.4 Comparación

5.2.4.1 CERMA vs CALENER

Tras buscar comparaciones entre CERMA y CALENER se encontraron los siguientes resultados:

- CERMA simplifica considerablemente la introducción de datos para la caracterización del edificio.
- Propone al usuario un detallado estudio de las mejoras que pueden ser introducidas en el edificio para mejorar la calificación obtenida.
- Calcula las demandas de energía de los edificios y los consumos mensuales y anuales (kWh/año) y las emisiones de CO₂ (kg CO₂/año).
- Permite justificar el cumplimiento de otros reglamentos, como el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios.

Al observar estos resultados se intentó introducir un edificio muy simple en CERMA y las impresiones obtenidas son las que se comentan a continuación:

- 1) Se introduce directamente la 'U' del cerramiento, en vez de la resistencia térmica y espesor de los materiales que componen el cerramiento, por lo que habría que calcularla en caso de que no te la den.
- 2) Hay que calcular las áreas de los cerramientos por grupos (muro exterior, muro interior, cubierta...) y a cada grupo le corresponde una 'U', es decir, no se puede aumentar el aislante por ejemplo en un solo muro de un grupo.
- 3) En general la introducción de datos se hace más complicada que en el LIDER-CALENER debido al cálculo de áreas y transmitancias, aunque también puede ser debido a la falta de costumbre de uso. Destacar la presentación de los resultados.
- 4) Muestra la calificación de forma separada para calefacción, refrigeración y ACS, tanto la demanda como las emisiones.
- 5) Muestra dos resultados finales: una calificación mínima garantizada y una calificación que denomina 'más probable' por lo que se deduce que todavía no se trata de un programa de calificación energética oficial, sino, de un programa de estimación.
- 6) Destacar también que una vez calculados los resultados el programa ofrece posibles mejoras en la demanda y mejoras de los sistemas mostrando directamente las calificaciones obtenidas con estas mejoras.

Lamentablemente CERMA solo es valido para viviendas unifamiliares o edificios de viviendas en bloque por lo que sería necesario el uso de CALENER GT para la calificación energética del gran terciario

5.2.4.2 CES vs CALENER

El objetivo de CES es convertirse en una herramienta mucho más ágil, sencilla y rápida que el actual método general, CALENER VYP. Mediante una introducción de datos reducida y simplificada se logra obtener la calificación energética del edificio. Además, el programa permite modificar los parámetros constructivos y ver de forma inmediata qué calificación se obtendría con las distintas combinaciones de elementos. Todo ello, persiguiendo la puesta en marcha de medidas más eficientes, que resulten óptimas desde el punto de vista económico.

CES permite hacer un análisis pormenorizado de la sensibilidad de cada uno de los elementos de diseño del edificio en la posterior calificación energética, de esta forma se pueden conocer de forma muy rápida las actuaciones prioritarias a la hora de diseñar los edificios para lograr el ahorro energético y una buena calificación.

El programa permite también obtener de forma automática la ficha justificativa de cumplimiento de la sección HE 1 “Limitación de demanda energética” del Código Técnico de la Edificación, con el consiguiente ahorro de tiempo que ello supone para el proyectista.

Una vez más, este programa solo es valido para viviendas por lo que sería necesario el CALENER GT para el sector gran terciario.

5.3 Otras herramientas

5.3.1 LEED

LEED es un programa internacionalmente reconocido de certificación voluntaria que se puede aplicar a cualquier tipo de edificio y cualquier fase del ciclo de vida del edificio. Proporcionando la verificación de que un edificio ha sido diseñado y construido mediante estrategias encaminadas a mejorar los aspectos más importantes como son: el ahorro de energía, la eficiencia del

agua, la reducción de las emisiones de CO₂, la mejora de interior la calidad ambiental, y gestión de recursos y la sensibilidad a sus efectos.

Desarrollado por los EE.UU. Consejo de Edificios Ecológicos (USGBC), LEED es suficientemente flexible para aplicarse a todos los tipos de edificios. Funciona en todo el ciclo de vida de la construcción

Se promueve el enfoque de la sostenibilidad mediante el reconocimiento de la mejora de áreas clave como son:

- Sitios Sostenible
- Eficiencia del agua
- Energía y Ambiente
- Materiales y Recursos
- Cubierta de Calidad Ambiental
- Localización y Vínculos
- Concienciación y educación
- Innovación en el diseño
- Regionales Prioritarios.

Puntos LEED se otorgan sobre una escala de 100 puntos, y los créditos están ponderados para reflejar los posibles impactos ambientales. Un proyecto debe cumplir todos los requisitos y obtener un número mínimo de puntos para ser certificados.

El Green Building Certification Institute (GBCI) asume la administración de la certificación de LEED para todos los proyectos comerciales e institucionales registrados en ningún sistema de calificación LEED.

LEED proporciona todos los detalles acerca de los aspectos verdes mas importantes de un edificio que, en conjunto, ofrecen un mayor rendimiento.

5.3.2 VERDE

El Comité Técnico de GBC España ha formulado una serie de criterios y de reglas aceptadas para definir los límites y requisitos necesarios para que un edificio pueda obtener la Certificación GBC España – VERDE.

El sistema de evaluación se basa sobre un método prestacional de acuerdo con la filosofía del Código Técnico de la Edificación y las Directivas Europeas. En la base están los principios de la bio-arquitectura y que el edificio tiene que ser construido respetando el medio ambiente, compatible con el entorno y con altos niveles de confort y de calidad de vida para los usuarios.

La metodología en VERDE esta basada en una aproximación al ciclo de vida de cada etapa de un proceso edificatorio:

1. Etapa de producto
2. Transporte de materiales
3. Etapa de construcción
4. Uso del edificio
5. Etapa de fin de vida (rehabilitación/demolición)

Los criterios de evaluación están agrupados por áreas temáticas, tal como se detalla a continuación:

- A. Selección del sitio, proyecto de emplazamiento y planificación
- B. Energía y Atmósfera
- C. Recursos Naturales
- D. Calidad del espacio interior
- E. Calidad del Servicio
- F. Impacto socio económico

Los resultados de la evaluación se expresan en base a la reducción de impacto ambiental del edificio comparado con un edificio de referencia, tal y como puede verse en la siguiente figura:

La metodología y estructura de modelos avanzados de evaluación de sostenibilidad de edificios se podría resumir en el siguiente esquema:

A continuación se relacionan aquellas que, por su calidad, han alcanzado un mayor reconocimiento internacional.

- LEED 2009 (USA)
 - a. Evalúa 13 categorías de impacto
 - b. Analiza 69 créditos con asignación de hasta 100 puntos
 - c. Organismo responsable: USGBC
- BREEAM 2008 (UK)
 - a. Evalúa 20 categorías de impacto
 - b. Analiza 102 créditos con asignación de hasta 100 puntos
 - c. Organismo responsable: BRE
- HQE (France)
 - a. Evalúa 7 categorías de impacto
 - b. Analiza 14 criterios y más de 20 subcriterios
 - c. Organismos responsables: CSTB&QUALITEL

6 CASO PRÁCTICO

6.1 Introducción

En este apartado se tratará la simulación del edificio asignado, paso a paso. Se simulará el edificio en LIDER y posteriormente en CALENER GT.

La simulación en LIDER consistirá en comprobar si el edificio cumple con el Código Técnico y que medidas se pueden adoptar para hacer que cumpla.

Una vez que el edificio “cumple”, se exportará al programa de calificación energética CALENER GT en el cual se hará una primera simulación del edificio acorde a los planos de la arquitectura de instalaciones, para poder compararlo posteriormente con el mismo edificio con sistemas de climatización diferentes. También se pretende reducir la calificación energética del edificio mediante otras técnicas que no supongan el cambio de los sistemas de climatización, ya no siempre esta opción es posible.

6.2 Estudio previo a la simulación.

A continuación se intentará indicar algunos pasos previos con los que se pretende facilitar el proceso de simulación y que serán aplicados posteriormente al caso práctico.

6.2.1 Estudio previo del edificio.

Este es el primer paso que se debe de realizar a la hora de realizar una simulación energética, ya que una visión general del edificio ayudará a la hora de introducir los datos en las herramientas de simulación y se evitarán problemas posteriores cuando llegue el momento de definir los sistemas de climatización del edificio.

La recomendación de una visión general tanto de los elementos constructivos de los edificios como de sus sistemas de climatización, se debe a que son pocos los casos en los que se vaya a realizar exclusivamente el estudio de la Limitación de la Demanda Energética del Edificio. Normalmente este estudio es un paso intermedio para realizar la calificación energética de este.

Es por este motivo, que se debe elegir con cuidado como se realiza la zonificación del edificio ya que esta se mantendrá tras la exportación de LIDER a CALENER y condicionará donde se pueden colocar los subsistemas.

También se deberá reunir información acerca de la zona climática a la que pertenece el edificio.

6.2.2 Zonificación del edificio.

Una vez realizado un estudio previo del edificio conociendo que sistemas de climatización acondicionan el edificio, su funcionamiento y donde acomete cada uno de ellos estamos listos para realizar la zonificación.

La zonificación deberá realizarse en cada una de las plantas del edificio a simular.

En la herramienta de simulación LIDER podemos distinguir tres tipos de espacios atendiendo a su estado de acondicionamiento: Acondicionado, No acondicionado y No habitable.

Para la realizar la zonificación solo se distinguirá entre espacio climatizado (Acondicionado) y no climatizado (No acondicionado o no habitable).

Este criterio nos puede ayudar a realizar una primera zonificación. Se separarán los espacios climatizados de los espacios no climatizados.

Posteriormente y atendiendo a los sistemas de climatización se deberán dividir los espacios climatizados de forma que cada espacio quede acondicionado por una o más unidades interiores pero se tratara de evitar que una unidad interior acometa a dos o más espacios climatizados debido a que cuando se quiera realizar la calificación energética se necesitara dar una potencia de calefacción o refrigeración al espacio. Esta potencia será la de la unidad interior o la suma de las unidades interiores. Pero si esta unidad acomete a dos espacios surgirán problemas sobre cómo dividir la potencia de calefacción o refrigeración entre los espacios que acomete.

En el caso de que el número de espacios no sea muy elevado se podría afinar mas la zonificación atendiendo a características como la carga térmica, ocupación, horario de ocupación, etc. Siempre y cuando se respeten las consignas anteriores.

Lo ideal es realizar la zonificación sobre el mismo plano de planta del edificio suponiendo que este en formato CAD. De esta forma podremos obtener la zonificación en formatos que admite LIDER, como son DXF o BMP, lo facilitará mucho la “construcción” del edificio.

6.2.3 Cerramientos opacos y semitransparentes.

Esta es otra de las tareas que se realizará antes de empezar a introducir datos en el LIDER.

6.2.3.1 Cerramientos opacos

Se deberá reunir información acerca de los materiales que componen los cerramientos exteriores como son fachadas, cubiertas, muro contra el terreno... y los cerramientos interiores como forjados, tabiquería, medianeras.

Una vez que se tengan los materiales, se deberá conocer de ellos características como espesor, conductividad, densidad, calor específico, resistencia térmica y factor de resistencia a difusión del vapor de agua.

Si se tiene suerte, muchos de estos materiales se podrán obtener de la base de datos del programa con todas sus características, si no, habrá que crearlos.

6.2.3.2 Cerramientos semitransparentes

Al igual que con los cerramientos opacos se deberán reunir las características de los vidrios y marcos que forman huecos y lucernarios.

Transmitancia térmica, factor solar (para el vidrio) y absorptividad (para el marco) serán características que se deberán conocer al igual que el porcentaje de marco que hay en el hueco.

6.2.4 Ya se puede empezar

A veces resulta, que estas indicaciones previas a la introducción de datos, que solamente ocupan unas líneas, se complican estrepitosamente debido a que no siempre es fácil encontrar esta información, a veces porque no se sabe dónde buscar o a veces porque no existe.

El llevar a cabo de estas indicaciones hará más fácil la introducción de datos en el programa de simulación energética LIDER y tras la exportación, también será de gran ayuda para el CALENER GT.

6.3 Definición del caso practico

6.3.1 Presentación del edificio.

El edificio del caso práctico se sitúa en la Comunidad de Andalucía, concretamente en la provincia de Sevilla y esta destinado a ser un edificio de oficinas.

Se trata de un edificio de dos alturas y de planta cuadrada, en el cual se puede observar un patio en interior concéntrico. Los ejes cardinales atraviesan el edificio dividiéndolo en partes iguales, es decir, las fachas de éste, están enfocadas tanto al norte, como al sur, como al este, como al oeste.

Consta de un semisótano de 2,90 m de altura, de los cuales el último metro se encuentra a la vista. El área de esta planta es ligeramente inferior a la de la planta superior lo que hace que se proyecte sombra sobre los muros exteriores ya que las dos plantas se sitúan concéntricas sobre el mismo eje vertical. En este semisótano se encuentran unos vestuarios, la sala de maquinas y un garaje.

La planta superior se eleva 1 m por encima del suelo y tiene una altura de 3,5 m. En esta planta se encuentran principalmente oficinas aunque también podemos encontrar aseos y almacenes.

Se pueden ver los planos del edificio junto con la zonificación, que se tratará en el siguiente apartado, en el Anexo 1

6.3.2 Zonificación del edificio

Las premisas fundamentales que se han seguido para realizar la zonificación son las siguientes:

1. Se ha diferenciado entre espacios climatizados y no climatizados atendiendo a los planos de climatización de aire y agua.
2. Se ha dividido en espacios de tal forma que un subsistema no acondicione a más de dos espacios diferentes.

3. Se ha tomado como subsistemas secundarios los fan-coils, debido a que no podremos incluir convectores y fan-coils en el mismo espacio. Se entrará con mayor detalle en esta explicación cuando se tengan que introducir los subsistemas en el CALENER.
4. En la zonificación del semisótano se ha dividido el espacio que ocupa el garaje en dos debido a LIDER no puede construir “donuts” como un solo espacio.

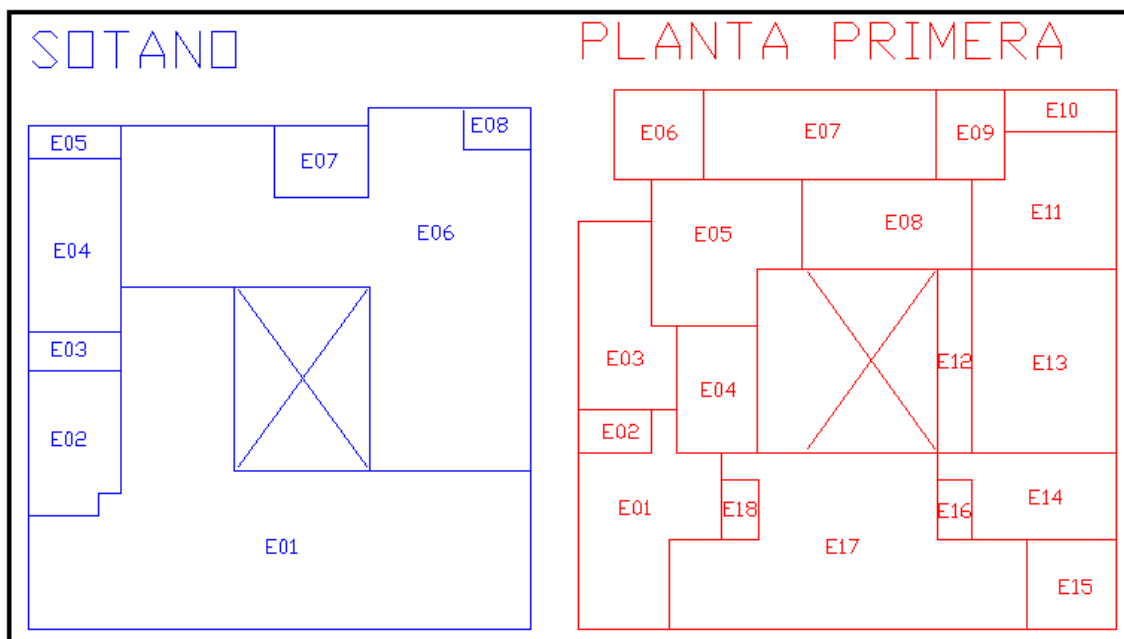


Ilustración 6-1. Zonificación del edificio por plantas.

6.3.3 Cerramientos

La composición de los cerramientos ha sido obtenida de la documentación del edificio, y son los que se nombran en el Anexo 2

Todos los materiales han sido tomados de la librería de LIDER, por lo que no se tendrá que justificar su procedencia. En el caso de que se tuvieran que introducir nuevos materiales, en LIDER, se pueden crear atendiendo a sus propiedades físicas o a su resistencia térmica, pero se deberá justificar la procedencia de sus características.

6.4 Algunos consejos antes de empezar

- Se guardará el plano donde se encuentra la zonificación en formato DXF para poder usarlos como plantilla en el LIDER.
- Armarse de paciencia, ya que LIDER no siempre hace lo que uno quiere. Se notará que al definir los puntos que dan lugar a los espacios o a las plantas no se sitúan siempre donde se le indica.
- Puede servir de ayuda modificar el cursor del ratón cambiando la flecha por el signo de la suma (+)
- Recordar que siempre que se presione un botón quedará activado hasta que se le de la orden de desactivarlo. Por este motivo podrían crearse elementos que no se desea.
- Los botones solo funcionan en la planta que se esta trabajando. Por ejemplo si se crea una ventana con intención de hacerlo en la planta baja pero se esta trabajando en la planta primera, será allí donde se cree la ventana. Es por este motivo que muchas veces aparecen elementos que no deberían de existir.
- Los espacios y plantas deben de crearse de izquierda a derecha. Esto punto es muy importante ya que de no hacerlo así, la exportación a CALENER no será posible.
- LIDER es muy exquisito con los nombres que se le asignan a los cerramientos, nuevos materiales,... revisar el manual para saber cuales son correctos.
- Se recomienda ir guardando copias según se va avanzando en la “construcción” del edificio, ya que a LIDER no le “gusta mucho” andar borrando y volviendo a construir. Este programa carece del botón “DESHACER”
- Siempre de deberá dar al botón “aceptar” tras introducir datos o cambiar los datos introducidos, de lo contrario, LIDER no guardará esta información.
- Tener el manual de LIDER siempre a mano, sobre todo si se es primerizo.

- Cuidado con las limitaciones que ofrece LIDER ya que puede que se intente de simular algo que LIDER no puede. En este caso se tendrá que buscar un modelo alternativo.

6.5 Introducción de datos en el LIDER.

Para introducir los datos en el LIDER se avanzará de izquierda a derecha por los botones de la parte superior de la interfaz del programa.



Ilustración 6-2. Menú del programa LIDER.

Descripción: Donde se introducen datos de situación del edificio. Seguir las instrucciones del manual para introducir los datos.

BD: Donde se introducirán los cerramientos acorde a lo que se dice en el manual.

Opciones: Donde se asignara el espacio de trabajo, el tipo de cerramiento a muros, suelo, cubiertas,... y donde también se podrán introducir los puentes térmicos. En la documentación del caso práctico no se hablaba de puentes térmicos por lo que se dejaron los que por defecto asigna LIDER.

También se puede definir si se quiere seguir con los cálculos una vez que se haya determinado que el edificio no cumple o si por el contrario se quiere para corregir el error y continuar luego con la simulación. Esta opción es muy útil en el caso de que el edificio sea muy grande, ya que el presecado de simulación es tardío.

3D: Aquí se empezará a “construir” el edificio.

1. Se creará la primera planta (semisótano), donde se introducirán datos como la altura de la planta. La altura de una planta se determina midiendo la distancia desde la mitad del forjado inferior hasta la mitad del forjado superior.
2. Se crearán los espacios designados, usando como plantilla el archivo DXF donde se encuentra la zonificación, a partir del botón de gestión de

planos. Los puntos se podrán definir directamente sobre la plantilla o metiendo sus coordenadas, ya que como se ha dicho, a veces LIDER no es muy obediente.

3. Se crearán los forjados de forma automática y los muros del edificio.
4. Se creará una segunda planta, donde se dirá que es la planta inmediatamente superior a la anterior y se le asignara una altura de planta. Esta planta es igual a la anterior pero los espacios serán diferentes.
5. Se crearán los espacios pertenecientes a esa planta del mismo modo que se hizo en la planta anterior
6. Se crearán los tejados activando el botón de forjados y presionando el botón derecho del ratón, en la opción techos.
7. Se cambiarán los techos, que por defecto se crean como muros exteriores, a cubiertas.
8. Y por último se crearán los huecos (ventanas y puertas)

Una vez se llega a este punto ya se puede ver el edificio en la interfaz grafica donde uno se puede hacer una idea de si se va por buen camino para realizar la simulación.

Ahora se deberán revisar todos los espacios de modo que todos ellos posean las propiedades que se quiere para una correcta simulación.

Para asignar las propiedades a cada espacio, se abrirá el árbol del edificio donde se tendrán todos los elementos que se han creado de un solo vistazo.

Para realizar este paso, se recomienda ocultar todas las plantas salvo la inferior, poner el edificio en modo transparente y bajar el nivel del suelo por debajo de la planta mas baja del edificio. De este modo se podrá ver en pantalla cual es el espacio asignado, donde esta situado y si coincide con la zonificación previa. Así, se podrá ir verificando al mismo tiempo, que se introducen las propiedades correctas de cada espacio.

Los cálculos derivados del estudio de iluminación se mostrarán en el Anexo 3. A continuación, en la tabla 1, se muestra un resumen con los datos más significativos:

ESPACIO	SUPERFICIE (m2)	TOTAL (W)	DENSIDAD (W/m2)	Iluminancia media mantenida (lux)	VEEI	VEEI _{Lim}
P01_E01	303,13	828	2,73	75	3,64	5
P01_E02	40,31	228	5,66	150	3,77	5
P01_E03	10,87	202	18,58	300	6,19	4,5
P01_E04	49,82	332	6,66	300	2,22	4,5
P01_E05	9,36	277	29,59	300	9,86	4,5
P01_E06	275,75	792	2,87	75	3,83	5
P01_E07	21,07	140	6,64	200	3,32	5
P01_E08	8,26	0	0,00	150	0,00	4,5
P02_E01	66,99	708	10,57	500	2,11	3,5
P02_E02	9,49	52	5,48	150	3,65	4,5
P02_E03	48,62	552	11,35	500	2,27	3,5
P02_E04	31,65	479	15,13	300	5,04	4,5
P02_E05	60,69	536	8,83	300	2,94	3,5
P02_E06	25,26	224	8,87	300	2,96	4,5
P02_E07	64,55	623	9,65	500	1,93	3,5
P02_E08	46,55	392	8,42	200	4,21	5
P02_E09	18,69	208	11,13	500	2,23	3,5
P02_E10	14,32	0	0,00	150	0,00	4,5
P02_E11	56,86	587	10,32	500	2,06	3,5
P02_E12	19,29	502	26,02	300	8,67	4,5
P02_E13	82,71	744	9,00	200	4,50	5
P02_E14	42,3	336	7,94	500	1,59	3,5
P02_E15	24,93	200	8,02	500	1,60	4
P02_E16	6,44	32	4,97	200	2,48	5
P02_E17	151,31	1552	10,26	500	2,05	3,5
P02_E18	6,99	32	4,58	200	2,29	5

Tabla 1. Resumen del cálculo de iluminación.

Calcular: Una vez que ya se ha definido el edificio a simular solo queda presionar el botón calcular y esperar los resultados. Con los resultados se crea un PDF donde se detalla toda la información de LIDER.

6.5.1 Introducción de datos adicionales

LIDER ofrece más posibilidades de las que a priori se muestran en la interfaz gráfica, pero esto no es fácil, ya que se esta uno adentrando en las entrañas del programa.

Sin mas que pinchar con el botón derecho sobre el archivo y en la opción *abrir con*, se selecciona el programa *bloc de notas* o similar. Desde aquí se podrán realizar las modificaciones que se crean oportunas, y una vez realizadas, se guardara el documento y al abrirlo con LIDER se podrá observar que dichas modificaciones han sido tenidas en cuenta.

Para utilizar con éxito esta opción se cree que sería recomendable tener manuales del DOE-2 ya que es éste el motor de cálculo del programa.

```
$-----$
$PROGRAM = LIDER
$
$CAMBIO = NO
$CAMBIO-CALENER = SI
$-----$
$
$-----$
$
$          Datos Generales
$-----$
$
$Defecto" = DESCRIPTION
$PROJECTNAME      = ""
$COMMUNITY        = ""
$LOCALITY         = ""
$ADDRESS          = ""
$AUTHOR           = ""
$AUTHOR-VALUE     = ""
$E-MAIL           = ""
$PHONE            = "(null)"
$COMON-LOCALITY   = "Sevilla"
$ANGLE            = 0.000000
$
$..
```

Ilustración 6-3. Imagen del archivo .INP.

6.6 Resultados de la simulación en LIDER

6.6.1 Casos en los que el edificio “no cumple”

LIDER arroja los siguientes resultados cuando el edificio NO CUMPLE con las restricciones del CTE.

6.6.1.1 El edificio no cumple por la elevada demanda de refrigeración o calefacción

Para solucionar el exceso de demanda de calefacción se podrían mejorar las características de los vidrios o disminuir la transmitancia térmica de los cerramientos (U [$W/m^2 \cdot K$]) aumentando el espesor del aislante, sobre todo en la fachada norte del edificio.

Para solucionar el exceso de demanda de refrigeración, se podría mejorar el aislamiento general del edificio como en el caso anterior o mediante la incorporación en ventanas de salientes laterales o voladizos o mediante dispositivos basados en lamas. En este caso se prestará especial atención a la fachada sur del edificio ya que es la fachada crítica en cuanto al exceso de demanda de refrigeración.

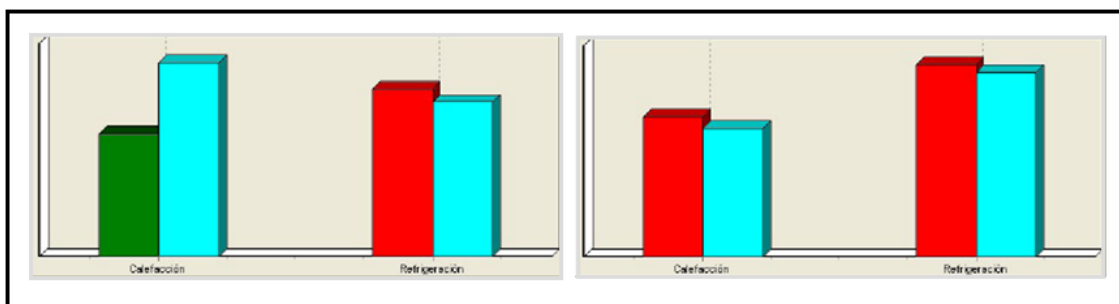


Ilustración 6-4. Ejemplo de demandas de calefacción y refrigeración según LIDER.

6.6.1.2 Los siguientes cerramientos y/o particiones interiores no cumplen con los requisitos mínimos

Donde el programa muestra los cerramientos que no cumplen y los límites para hacerlos cumplir.

Los siguientes cerramientos y/o particiones interiores no cumplen los requisitos mínimos.

Aislamiento Perimetral de la Solera $U = 2.00\text{W/m}^2\text{K}$ $U_{\text{limite}} = 0.86\text{W/m}^2\text{K}$,

P01_E02_PCT001 $U = 1.47\text{W/m}^2\text{K}$ $U_{\text{limite}} = 0.86\text{W/m}^2\text{K}$,

P02_E07_FI011 $U = 0.62\text{W/m}^2\text{K}$ $U_{\text{limite}} = 0.49\text{W/m}^2\text{K}$,

Ilustración 6-5. Ejemplo de no cumplimiento por requisitos mínimos.

Para superar esta dificultad se debe de disminuir la transmitancia térmica de los cerramientos y/o particiones interiores (como la solera como se muestra en el ejemplo). Para ello se suele aumentar el espesor del aislante hasta que se cumpla con el CTE.

6.6.1.3 Existen riesgos de formación de condensaciones intersticiales en los siguientes cerramientos y/o particiones interiores

Suele dar este error cuando se usa un material cuyo factor de difusión al vapor de agua muy pequeño como por ejemplo el aislante Lana de roca (también llamada lana de vidrio o fibra de vidrio).

Existe riesgo de formación de condensaciones intersticiales en los siguientes cerramientos y/o particiones interiores.

P02_E02_PE001,

P02_E03_PE004,

Ilustración 6-6. Ejemplo de no cumplimiento por condensaciones intersticiales.

Se puede solucionar este error añadiendo láminas muy finas de aluminio por ejemplo, ya que este material tiene el factor de difusión al vapor de agua más alto que se puede dar en LIDER y además no afecta a la transmitancia térmica del cerramiento.

6.6.1.4 Existen riesgos de formación de condensaciones superficiales en los siguientes cerramientos y/o particiones interiores

En este caso se deben modificar los puentes térmicos

Existe riesgo de formación de condensaciones superficiales en los siguientes cerramientos y/o particiones interiores.

P02_E08_PE001 fRsi = -NAN fRsi_minimo = 0.61,

P03_E01_PE003 fRsi = -NAN fRsi_minimo = 0.61,

Ilustración 6-7. Ejemplo de no cumplimiento por puentes térmicos.

6.6.2 Resultados del caso practico

A continuación, en la ilustración 6-8, se mostrará el aspecto del edificio en LIDER tras introducir todos los datos del edificio según se ha ido indicando en páginas anteriores junto con el árbol del edificio.

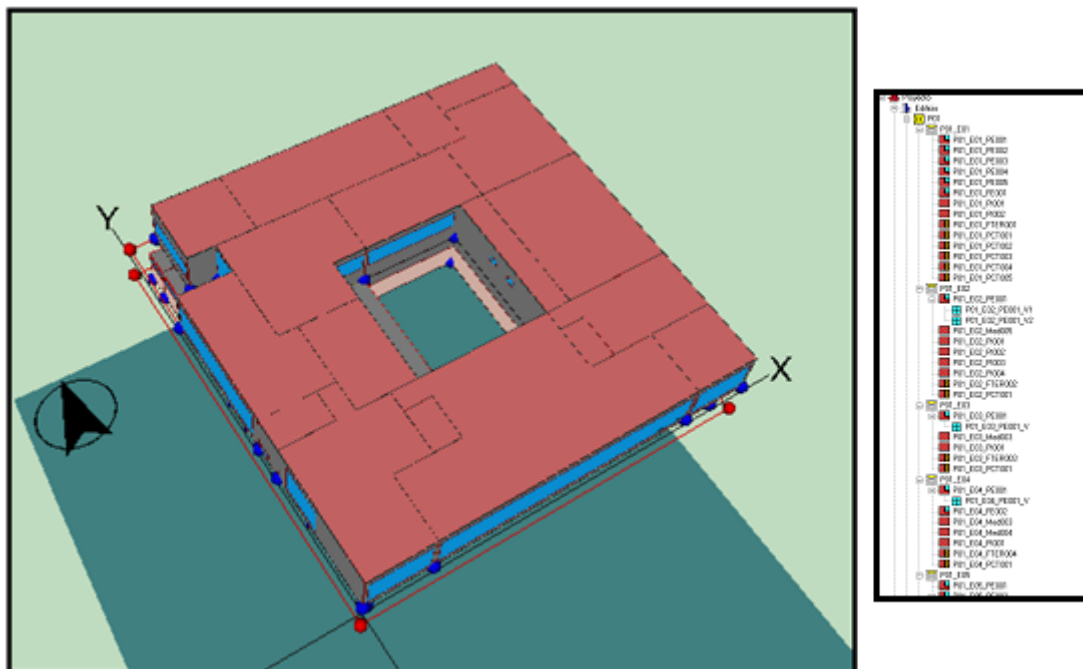


Ilustración 6-8. Edificio en LIDER (izq) y árbol de elementos (derch).

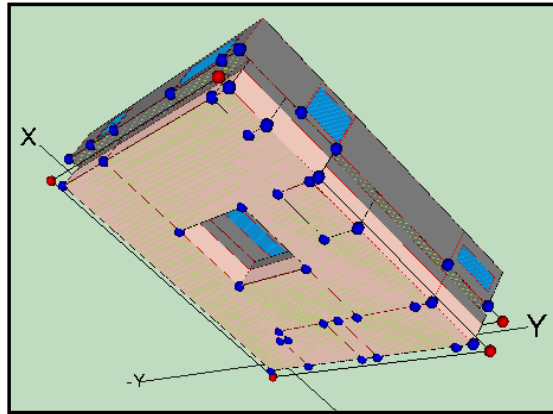


Ilustración 6-9. Vista del sótano.

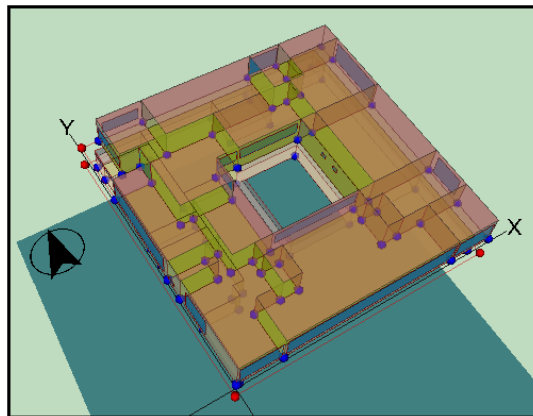
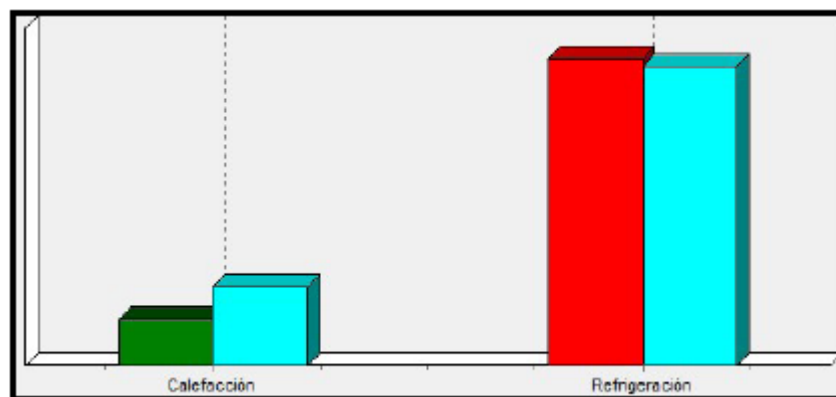


Ilustración 6-10. Vista modo transparente.

Los resultados obtenidos por la aplicación informática LIDER para el estudio del caso práctico son los que se muestran en la tabla 2 a continuación:

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	59,4	102,7
Proporción relativa calefacción refrigeración	13,0	87,0

Tabla 2. Resultados I, LIDER.



Grafica 6 - 1. Resultados I, LIDER.

Como se puede observar en la gráfica 6-1, el edificio no cumple con el código técnico de la edificación.

A pesar de que los cerramientos poseen una transmitancia térmica inferior a la transmitancia térmica límite que marca el CTE y que no muestra condensaciones de ningún tipo, la demanda de refrigeración del edificio objeto (edificio que se esta estudiando) es mayor que la demanda de refrigeración del edificio de referencia (edificio que genera LIDER para realizar la comparación con el edificio objeto).

Que el edificio no cumpla debido a que la demanda de refrigeración del edificio objeto es mayor que la del edificio de referencia, es debido que se necesita mucha carga de refrigeración para que el edificio esté en condiciones de confort. Esto puede ser debido a los grandes ventanales que posee el edificio en la fachada sur.

Para superar esta dificultad se ha decidido incorporar en los ventanales de la fachada sur unos voladizos, con lo que se espera que se reduzca la demanda de refrigeración pero por el contrario, aumente la demanda de calefacción.

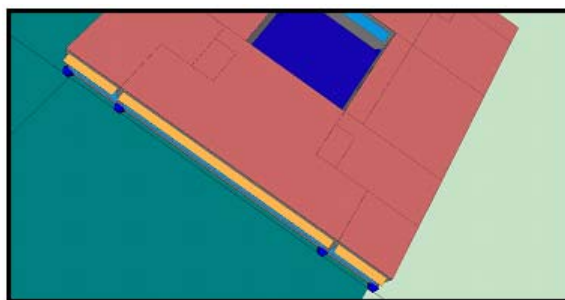
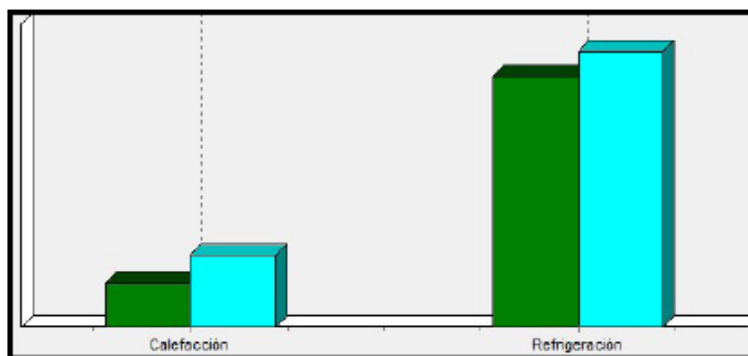


Ilustración 6-11. Voladizos en fachada sur.

Los resultados obtenidos tras la incorporación de los voladizos en la fachada sur son los que se muestran en la tabla 3:

	Calefacción	Refrigeración
% de la demanda de Referencia	62,3	91,1
Proporción relativa calefacción refrigeración	15,0	85,0

Tabla 3. Resultados II, LIDER.



Grafica 6 - 2. Resultados II, LIDER.

Se puede comprobar que, según la gráfica 6-2, efectivamente la demanda de refrigeración ha descendido y la de calefacción ha aumentado sin sobrepasar la demanda del edificio de referencia. También ha variado ligeramente la proporción relativa de calefacción/refrigeración.

Se pueden encontrar los archivos de los edificios simulados en el Anexo 7

6.7 Introducción de datos en CALENER

CALENER GT consta de un menú en la parte superior de la interfaz gráfica, a través del cual se va definiendo el edificio. Se debe de avanzar, al igual que en el LIDER de derecha a izquierda. Los botones de los que consta este menú son mostrados en la ilustración 6-12:

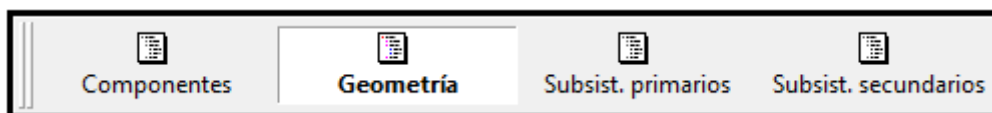


Ilustración 6-12. Menú del programa CALENER GT.

Componentes: Donde se definen la geometría de los polígonos que posteriormente formaran los espacios, la composición de los cerramientos, los horarios...

Geometría: Donde se muestra el edificio así como el árbol de composición de espacios y cerramientos del edificio. Aquí se definen también las propiedades de los espacios.

Subsistemas primarios: Donde, como el propio nombre indica, se definen los subsistemas primarios.

Subsistemas secundarios: Donde se definirán los subsistemas secundarios y se les asignará que subsistema primario los acondiciona.

No se entra en detalle ya que se considera que toda esta información se puede obtener de los manuales que acompañan al programa y como ya se dijo, en este proyecto no se pretende en ningún momento hacer una mera copia de los manuales.

6.7.1 De LIDER a CALENER GT

Sin más que hacer un simple clic sobre el botón “exportar” del menú superior de LIDER, el edificio se exportará automáticamente a CALENER GT, quedando de esta forma el edificio ya definido en CALENER GT.

Tras revisar que todos los datos han sido bien exportados, cosa que no siempre pasa, (pero más adelante, se comentara a que datos se le debe de prestar una especial atención ya que no suelen exportarse correctamente) y la introducción de los sistemas que “alimentan” al edificio se podrá realizar una primera calificación energética del edificio.

Esta calificación se podrá mejorar corrigiendo pequeñas cosas como por ejemplo los horarios que por defecto sugiere CALENER GT.

En la simulación de este edificio se han realizado dos estudios paralelos. Por un lado se han ido cambiando los diferentes sistemas de calefacción y refrigeración del edificio para poder evaluar como influye este parámetro en la calificación energética y por otro lado se han modificado parámetros de la simulación sin variar los sistemas.

6.7.2 Revisar los datos exportados

Se deberá prestar especial atención a los parámetros que se mencionan a continuación, ya que con bastante frecuencia se exportan de manera errónea de LIDER a CALENER:

- Se añadirá, al cerramiento Suelo_Terreno, un material de la librería de CALENER GT. Este material es el *suelo coherente con la humedad*, con lo que se conseguirá una simulación más correcta.
- Se modificará, en el botón componentes, la localización de los cerramientos (muro exterior, muro interior, en contacto con el terreno...), ya que esta propiedad puede variar tras la exportación.
- En el botón geometría, se modificara, dentro de la pestaña "Tabla de propiedades", el tipo de actividad del edificio, ya que por defecto es el de oficina, la altura de los espacios y la permeabilidad de las ventanas.

A pesar de estas indicaciones, se deberá revisar el edificio entero para verificar que todos los datos exportados son los correctos ya éstos, son solo algunos puntos, donde se ha observado que CALENER GT suele dar problemas.

6.7.3 Subsistemas primarios y secundarios

El edificio a simular consta de una bomba de calor que alimenta tanto a convectores en calefacción como a fan-coils en refrigeración. Y es aquí donde reside el principal problema a la hora de simular este edificio, ya que CALENER GT no permite incluir dos subsistemas secundarios en una misma zona o espacio, es decir no se tiene la posibilidad de simular en un mismo espacio un convector y un fan-coil.

CALENER GT permite simular por ejemplo que un convector o un fan-coil acondicionen más de un espacio pero no, que un espacio, este acondicionado por más de un subsistema primario.

Se superó esta dificultad suponiendo que el edificio carece de convectores. Se tomó esta decisión debido a que un convector no puede refrigerar un espacio, en cambio un fan-coil si puede calefactarlo. De este modo se han creado fan-coils que suministren calor y frío al mismo espacio. En cuanto a las potencias de calefacción y refrigeración se ha asignado al fan-coil su potencia de refrigeración y la potencia de calefacción de los convectores.

Para poder simular este edificio se supuso también que consta de un circuito de dos tubos en vez de dos circuitos como se indica en los planos, debido que

para simular la bomba de calor, el programa, pedía este tipo de circuitos o bien incluir un circuito de condensación. Se eligió esta opción debido a que si se incluye un circuito de condensación el programa reclama una torre de refrigeración y se tendría que incluir potencias y consumos que en realidad no existen.

El edificio también consta de dos sistemas autónomos que se encargan de acondicionar los espacios E06 y E07. Estos sistemas como su nombre indica son autónomos y no requieren de ningún tipo de circuito.

También se ha añadido un sistema de climatización de aire primario con recuperación de calor según los planos de climatización del edificio.

A la hora de crear estos subsistemas se han utilizado los cálculos que se explican en el Anexo 4

A partir de estos cálculos se han ido introduciendo los datos que definen los sistemas y demás parámetros del edificio para poder realizar la calificación energética de éste.

6.8 Resultado de la simulación en CALENER GT

6.8.1 Posibles errores en la simulación

Una vez que se han introducido todos los datos en el programa, se hará la simulación del edificio para obtener la calificación energética correspondiente.

Pudiera pasar que el programa no acabase de simular, por lo que se entendería que hay errores. Estos errores son fácilmente localizables, ya que CALENER GT genera diferentes tipos de archivos entre los que cabe destacar:

Archivos .BDL: En este tipo de archivos encontraremos errores por los cuales el programa no ha podido terminar la simulación. Este tipo de archivos se pueden abrir, al igual que en el LIDER, con el bloc de notas. Dado que en estos archivos esta toda la programación del edificio, son muy extensos, así que se recomienda pinchar en *edición* → *buscar* y teclear *error*. De este modo se

llegará con más rapidez al error/es. El único pero es que desde este archivo no se pueden modificar. Para ello se tendría que abrir el archivo .INP

Archivo .INP: Es un archivo que contiene la misma información que un .BDL, por lo que se podrá abrir del mismo modo. Desde aquí se podrá realizar todas las modificaciones del edificio que se desee. Al igual que en el caso de LIDER, este archivo ofrece mas posibilidades que la interfaz gráfica pero con las mismas dificultades mencionadas anteriormente.

Archivos .SIM: Este tipo de archivos contienen toda la información referente al proceso de simulación energética. Es aquí donde se tiene que ir en el caso de que CALENER GT especifique que se trata de un error de simulación. Para buscar los errores se procederá de igual modo que con los archivos .BDL. Para modificar dichos errores se recomienda hacerlo desde la interfaz grafica ya que desde este archivo no se puede y resulta costoso encontrarlos en el .INP.

6.8.2 Resultados del caso práctico

A continuación se mostraran algunas imágenes del edificio definido en CALENER GT.

Como se puede comprobar, la estructura de CALENER es muy similar a LIDER, por lo que resulta algo más familiar el uso de este programa. Esta sería la vista desde el botón geometría.

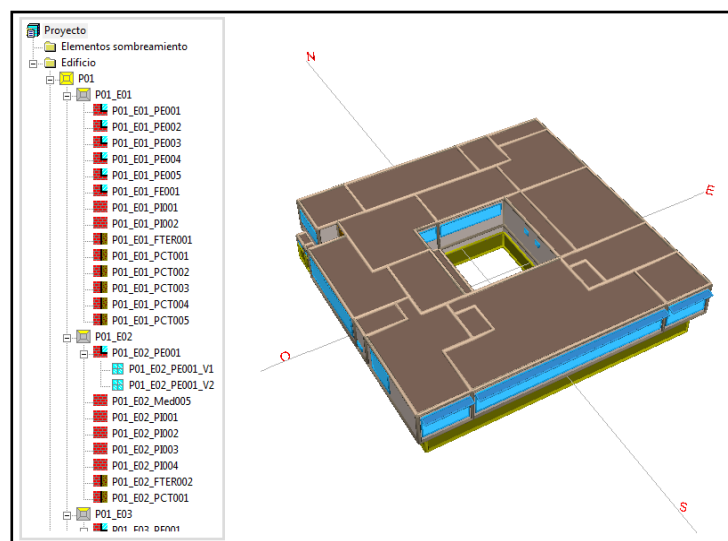


Ilustración 6-13. Edificio en CALENER GT (menú geometría).

Desde el botón sistemas primarios se observaría lo que se muestra en la ilustración 6-14, donde se puede ver los circuitos que se han introducido en el programa de forma grafica y de forma esquemática al igual que en la ilustración anterior.

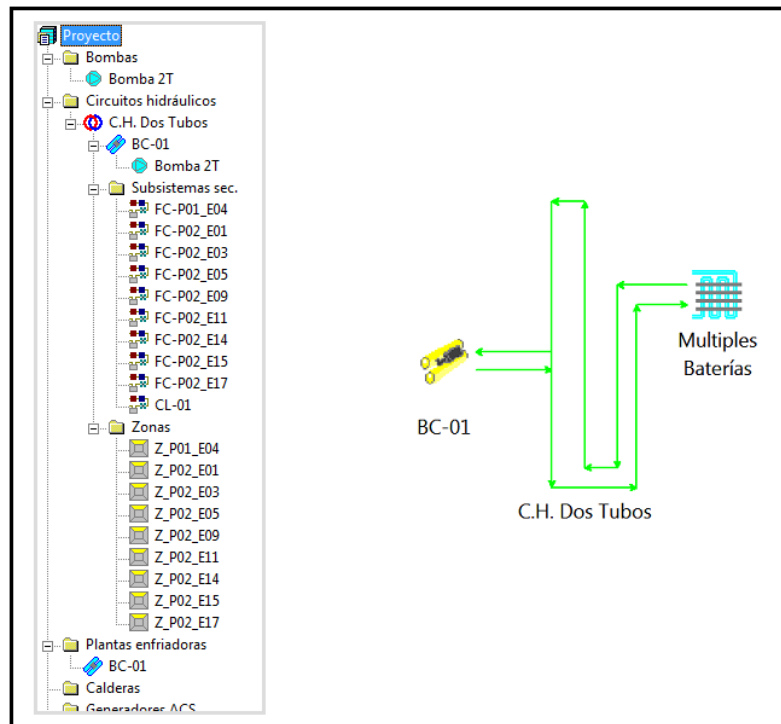


Ilustración 6-14. Edificio en CALENER GT (menú sistemas primarios).

Los resultados se presentan en un documento PDF que genera CALENER GT y que se guarda automáticamente en la misma ubicación en la que se encuentra el archivo.

Los resultados obtenidos tras simular el caso práctico han sido los que se muestran en la tabla 4, a continuación:

2. RESUMEN INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m²)	21.8	20.0	1.09	D
Demanda Refri. (kW·h/m²)	118.2	121.9	0.97	C

Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	27.7	53.5	0.52	B
Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	11.1	16.0	0.69	C
Emisiones Tot. (kg CO2/m²)	38.8	69.5	0.56	B

Tabla 4. Resultados CALENER GT.

La tabla superior muestra datos referente a las demandas de refrigeración y calefacción y a las emisiones de CO₂ generadas en la climatización, iluminación y ACS.

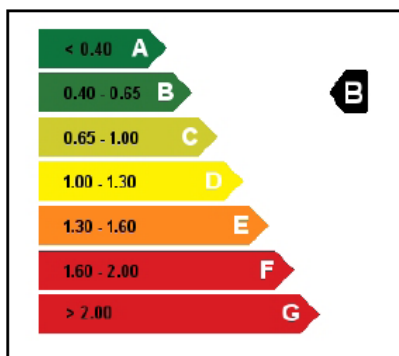
Se puede comprobar que sin haber modificado el edificio, la demanda de calefacción del edificio objeto es mayor que la de referencia. Este dato contradice los resultados obtenidos mediante el programa LIDER de limitación de la demanda energética, ya que la demanda del edificio objeto es mayor que la del edificio de referencia por lo que el edificio “no debería cumplir”. Esta incongruencia se debe a que el procedimiento de cálculo de LIDER y CALENER GT es diferente. Se toma como procedimiento “más adecuado” en este aspecto, el que realiza LIDER, ya que se trata de un programa específico para esta cuestión.

En cuanto a la calificación energética solo interesan las emisiones de CO₂. Las emisiones de ACS son nulas debido a que a la hora de simular el edificio no se ha considerado ningún consumo de ACS ya que en los planos referentes al edificio no se hacía mención alguna a este tipo de circuito. Para obtener la calificación final del edificio se hace una media de los índices obtenidos en las diferentes emisiones.

La calificación obtenida es una “**B**”. Se trata por tanto de un edificio bastante eficiente. Además esta en la línea del Plan de Acción 2008-2012 referente al sector de la edificación en el que se dice de promover la construcción de nuevos edificios y la rehabilitación de existentes con alta calificación energética.

La tabla 5 muestra la calificación energética del edificio estudiado donde se pueden observar valores de consumo y emisiones totales y también se puede ver los valores límite que hacen que un edificio “salte” de una **B** a una **A** por ejemplo.

3. ETIQUETA Y VALORES TOTALES



Concepto	Edif. Objeto	Edif. Referencia
Energía Final (kWh/año)	89510.9	207447.4
Energía Final (kWh/(m²año))	59.8	138.6
En. Primaria (kWh/año)	232997.0	411522.4
En. Primaria (kWh/(m²año))	155.6	274.9
Emisiones (kg CO2/año)	58092.6	104079.0
Emisiones (kg CO2/(m²año))	38.8	69.5

El consumo real de energía del edificio y sus emisiones de dióxido de carbono dependerán de la climatología y de las condiciones de operación y funcionamiento reales del edificio, entre otros factores.

Tabla 5. Resultados CALENERGT.

6.9 Medidas de mejora de la calificación del edificio

Como ya se comentó anteriormente se va a realizar un estudio paralelo del edificio:

- Por un lado se cambiarán los sistemas de generación de frío y calor, es decir, se sustituirá la bomba de calor por calderas y enfriadoras de diferentes tipo y con maquinas de absorción, y se compararán los resultados obtenidos.
- Por otro lado, y con un enfoque algo más práctico de cara al uso de CALENER GT, se incluirán medidas de mejora de la calificación energética del edificio. Se ha incluido este apartado porque desde un punto de vista profesional, pocas son las veces en las que se dejará modificar los sistemas de generación de calor y frío, en cambio si se pedirá posibles medidas de mejora de la calificación energética del edificio con los sistemas existentes.

6.9.1 Cambio de los sistemas de generación de calor y frío

Para poder estudiar como varía la calificación energética de un edificio mediante el cambio de sus sistemas de generación de calor y frío se han ido sustituyendo estos por otros que ofrece el programa.

El cambio de estos sistemas se ha realizado respetando las potencias de calor y frío para que la comparación se representativa.

Se han realizado las simulaciones que se citan a continuación para un mismo edificio:

- Caldera – Enfriadora (Casos 1, 2, 3, 4 y 5)
- Caldera – Enfriadora con recuperación de calor (Caso 6)

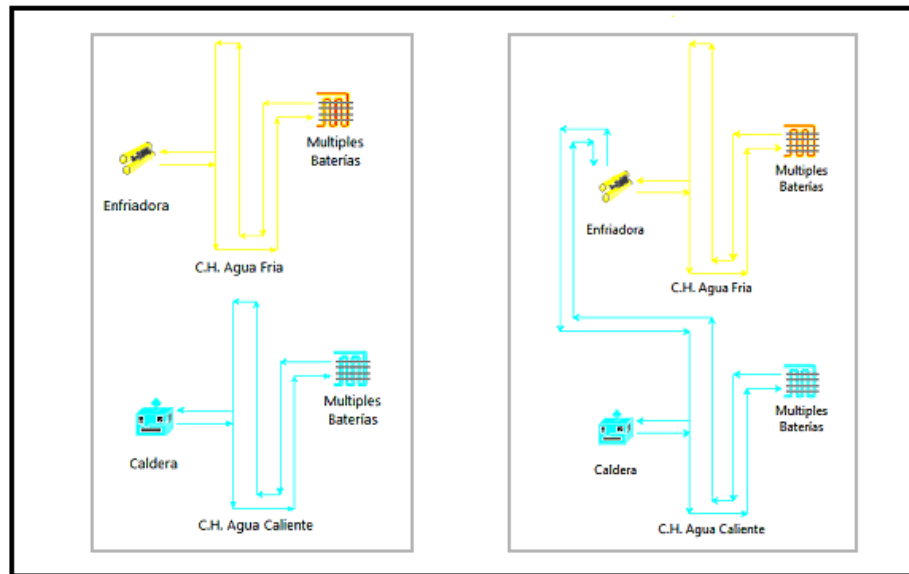


Ilustración 6-15. Caldera-enfriadora (izq). Caldera-enfriadora con recuperación de calor (derch).

- Maquina de absorción (Casos 7, 8 y 9)

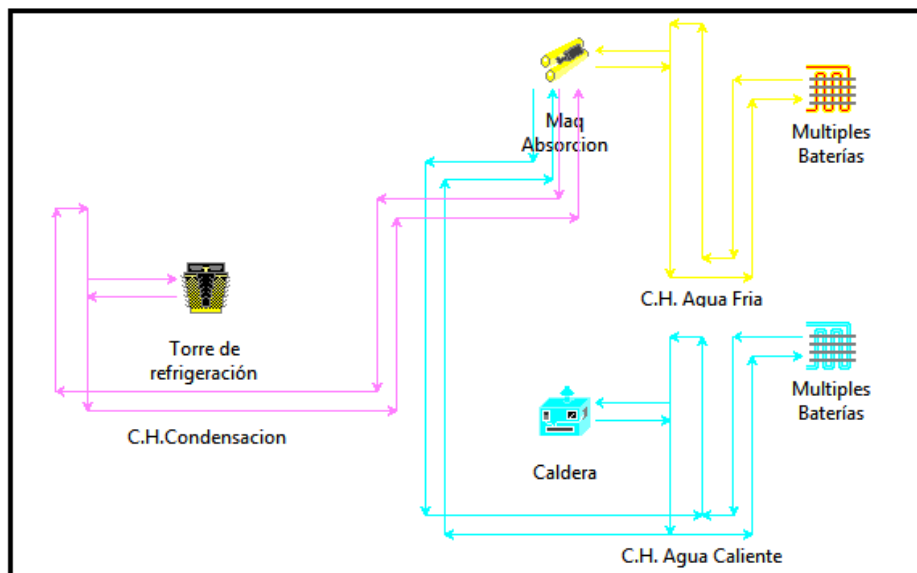


Ilustración 6-16. Maquina de absorción.

Caso 1: Caldera eléctrica – Compresor eléctrico

Se sustituye la bomba de calor por una caldera eléctrica y una enfriadora del tipo compresor eléctrico. Para ello se ha tenido que cambiar el circuito a dos tubos por dos circuitos, uno para el agua caliente y otro para el agua fría. Los resultados obtenidos han sido:

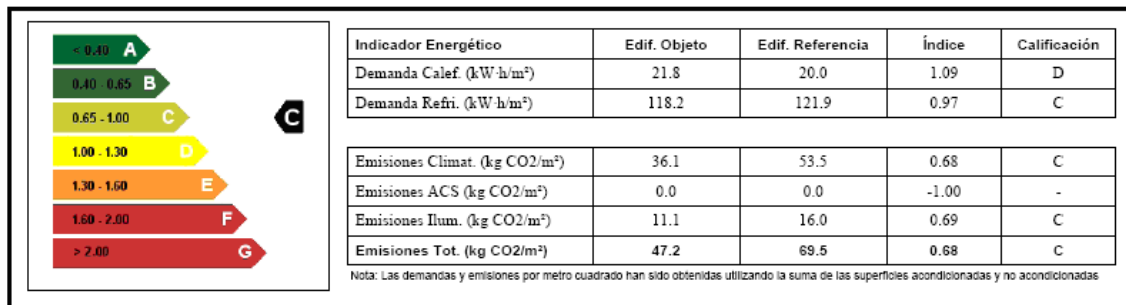


Tabla 6. Resultados caso 1.

Se puede observar que se ha aumentado el índice de emisiones totales ya que con la bomba de calor este índice era de 0,56 y ahora se ha pasado a un 0,68. También se han aumentado las emisiones totales de Kg. de CO₂ en un 21,6%.

Esta comparación se realiza con respecto los edificios objeto en ambos casos, y se hará de este modo en los estudios posteriores.

Caso 2: Caldera convencional – Compresor eléctrico

Se sustituye la bomba de calor por una caldera convencional y una enfriadora del tipo compresor eléctrico. Para ello, al igual que en el caso anterior, se ha tenido que cambiar el circuito a dos tubos por dos circuitos, uno para el agua caliente y otro para el agua fría. Se ha diferenciado entre calderas de gas natural y calderas de gasóleo.

Los resultados obtenidos en el caso de la caldera de gas natural han sido:

	Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
	Demanda Calef. (kW h/m²)	21.8	20.0	1.09	D
	Demanda Refri. (kW h/m²)	118.2	121.9	0.97	C
	Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	32.8	53.5	0.61	B
	Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
	Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	11.1	16.0	0.69	C
	Emisiones Tot. (kg CO2/m²)	43.8	69.5	0.63	B

Nota: Las demandas y emisiones por metro cuadrado han sido obtenidas utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas

Tabla 7. Resultados caso 2.a.

Tampoco, en este caso, se ha conseguido reducir el índice de emisiones totales. Los Kg. de CO₂ totales también han aumentado un 12,9% con respecto al caso inicial.

En el caso de caldera de gasóleo los resultados fueron los que se muestran a continuación:

	Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
	Demanda Calef. (kW h/m²)	21.8	20.0	1.09	D
	Demanda Refri. (kW h/m²)	118.2	121.9	0.97	C
	Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	33.4	53.5	0.62	B
	Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
	Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	11.1	16.0	0.69	C
	Emisiones Tot. (kg CO2/m²)	44.4	69.5	0.64	B

Nota: Las demandas y emisiones por metro cuadrado han sido obtenidas utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas

Tabla 8. Resultados caso 2.b.

En este caso el aumento ha sido mayor que el obtenido con la caldera de gas natural, siendo este aumento un 14,4% con respecto al caso inicial.

Caso 3: Caldera de baja temperatura – Compresor eléctrico

Se sustituye la bomba de calor por una caldera de baja temperatura y una enfriadora del tipo compresor eléctrico. Se sustituye el circuito a dos tubos por dos circuitos, uno para el agua caliente y otro para el agua fría. Como se demostró en el caso anterior, utilizando como combustible gas natural se obtiene una mejor calificación energética, por ello solo se ha simulado el caso de una caldera de baja temperatura que usa como combustible gas natural.

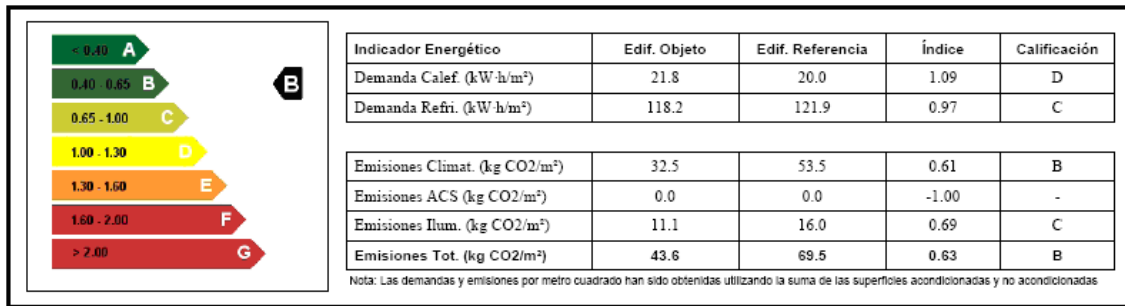


Tabla 9. Resultados caso 3.

En este caso se obtienen los mismos resultados que con una caldera convencional gas natural en cuando al índice de emisiones totales se refiere. Si se atiende a los Kg. de CO₂, se produce un aumento de un 12,4% con respecto al caso inicial, y una reducción del 0,5% con respecto a la caldera de gas natural.

Caso 4: Caldera de biomasa – Compresor eléctrico

Se sustituye la bomba de calor por una caldera de biomasa y una enfriadora del tipo compresor eléctrico. Para ello se ha tenido que cambiar el circuito a dos tubos por dos circuitos, uno para el agua caliente y otro para el agua fría.

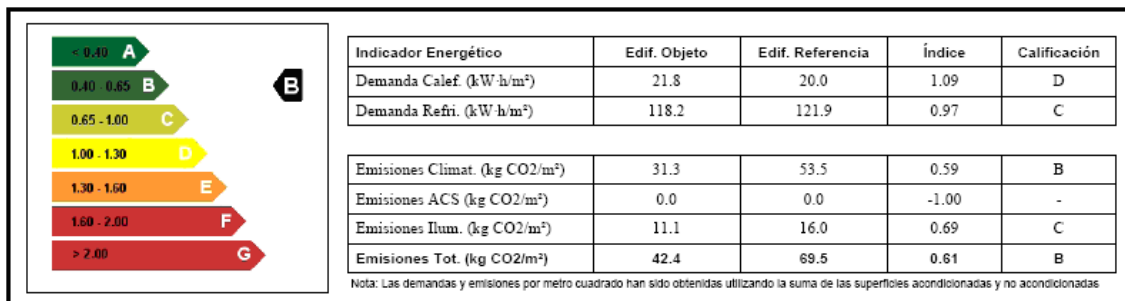


Tabla 10. Resultados caso 4.

Ocurre lo mismo con la caldera de biomasa. Las emisiones totales de Kg. de CO₂ han vuelto a aumentar, en este caso, un 9,3%

Caso 5: Caldera de condensación – Compresor eléctrico

Se sustituye la bomba de calor por una caldera de condensación y una enfriadora del tipo compresor eléctrico. Para ello se ha tenido que cambiar el circuito a dos tubos por dos circuitos, uno para el agua caliente y otro para el agua fría. Por la misma razón que se explicó en casos anteriores se ha utilizado el gas natural como combustible de la caldera de condensación.

< 0.40

A

0.40 - 0.65

B

0.65 - 1.00

C

1.00 - 1.30

D

1.30 - 1.60

E

1.60 - 2.00

F

> 2.00

G

B

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW h/m²)	21.8	20.0	1.09	D
Demanda Refri. (kW h/m²)	118.2	121.9	0.97	C

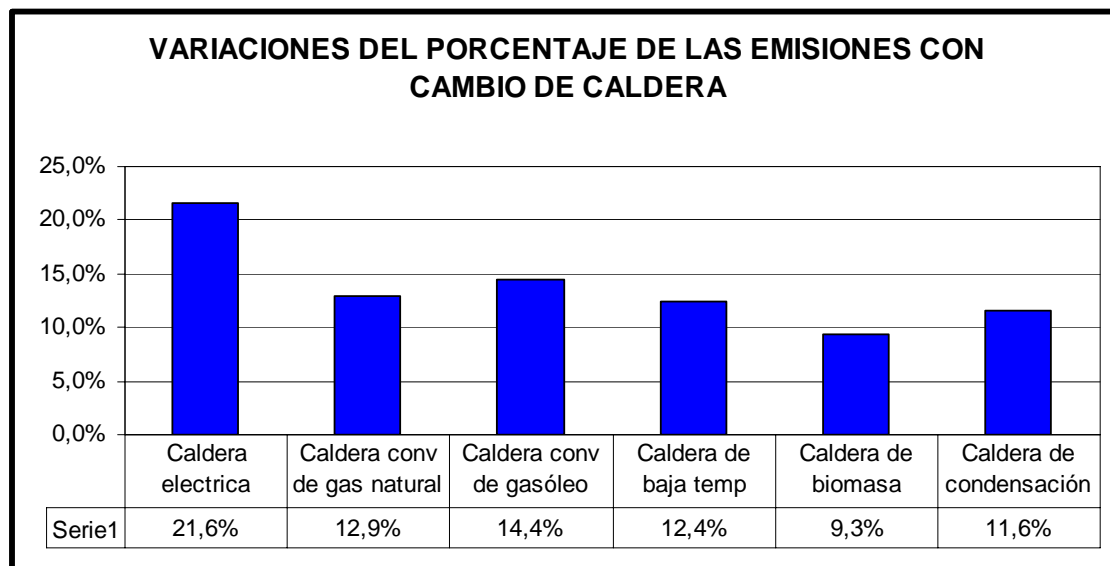
Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	32.3	53.5	0.60	B
Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	11.1	16.0	0.69	C
Emisiones Tot. (kg CO2/m²)	43.3	69.5	0.62	B

Nota: Las demandas y emisiones por metro cuadrado han sido obtenidas utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas

Tabla 11. Resultados caso 5.

En este caso el aumento es de un 11,6%

Para poder realizar una comparativa visual más sencilla se ha elaborado una grafica con la variación de los porcentajes de las emisiones totales de Kg. de CO₂ por metro cuadrado.



Grafica 6 - 3. Resultados tras variaciones de caldera.

Se comprueba en la gráfica 6-3 que en ningún caso se mejora la calificación del edificio inicial ya que todos los porcentajes son mayores que la unidad, lo cual muestra que en vez de reducir dichas emisiones, se produce un aumento de estas.

Se podría obtener como conclusión, tras estos cinco casos, que utilizando una caldera de biomasa y un compresor eléctrico como enfriadora se obtiene la mejor calificación energética tras las variaciones de sistemas expuestas. En cambio la peor calificación se obtendría para el caso de la caldera eléctrica.

Con todas las modificaciones realizadas no se mejora la calificación energética inicial, por lo que se deduce que, hasta ahora, el mejor sistema era el que por defecto se había definido en el edificio.

Queda ir variando el tipo de enfriadora para observar las diferencias obtenidas en la calificación energética del edificio. Se hará del mismo modo que en los casos anteriores. Se fijará una caldera, que será la de biomasa por alcanzar la mejor calificación energética y se irá variando el tipo de enfriadora

Caso 6: Caldera de biomasa – Eléctrica con recuperación de calor

En este caso se sustituye la enfriadora de compresor eléctrico anterior por una enfriadora eléctrica con recuperación de calor. Se utilizan dos circuitos distintos para agua caliente y agua fría.

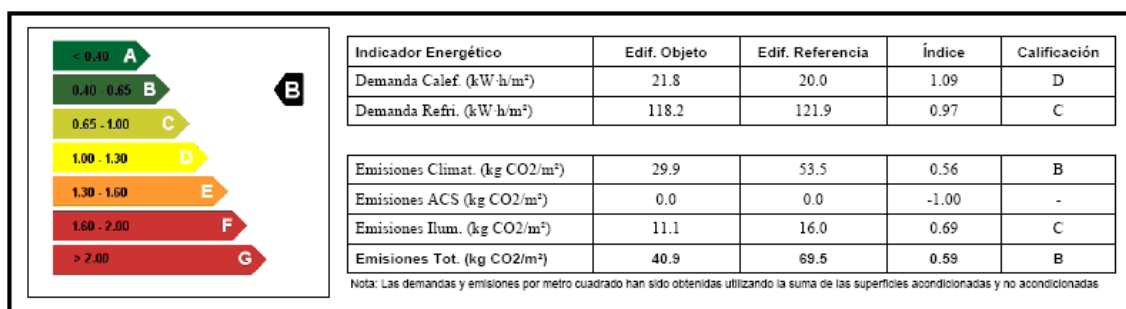


Tabla 12. Resultados caso 6.

En este caso se sigue estando por encima de los Kg. de CO₂ de emisiones totales del edificio inicial. Se supera en un 5,4%.

Caso 7: Caldera de biomasa – Máquina de absorción de simple etapa

En este caso se sustituye la enfriadora de compresor eléctrico anterior por una máquina de absorción de simple etapa. Este caso requiere unos cálculos adicionales ya que al incluir una máquina de absorción el programa reclama un circuito de condensación junto con una torre de refrigeración. Dichos cálculos se hayan en el Anexo 5.

	Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
	Demanda Calef. (kW·h/m²)	21.8	20.0	1.09	D
	Demanda Refri. (kW·h/m²)	118.2	121.9	0.97	C
	Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	26.7	53.5	0.50	B
	Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
	Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	11.1	16.0	0.69	C
	Emisiones Tot. (kg CO2/m²)	37.8	69.5	0.54	B

Nota: Las demandas y emisiones por metro cuadrado han sido obtenidas utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas

Tabla 13. Resultados caso 7.

Tras aplicar la maquina de absorción es la primera vez que se reducen las emisiones totales de CO₂. Esta reducción es de un 2,6%

Caso 8: Caldera de biomasa – Maquina de absorción de doble etapa

En este caso se sustituye la enfriadora de compresor eléctrico anterior por una maquina de absorción de doble etapa. Al igual que en el caso anterior, los cálculos se hayan en el Anexo 5.

	Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
	Demanda Calef. (kW·h/m²)	21.8	20.0	1.09	D
	Demanda Refri. (kW·h/m²)	118.2	121.9	0.97	C
	Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	25.6	53.5	0.48	B
	Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
	Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	11.1	16.0	0.69	C
	Emisiones Tot. (kg CO2/m²)	36.7	69.5	0.53	B

Nota: Las demandas y emisiones por metro cuadrado han sido obtenidas utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas

Tabla 14. Resultados caso 8.

Se continúa reduciendo estas emisiones, esta vez, en un 5,4%

Caso 9: Caldera de biomasa – Maquina de absorción de llama directa

En este caso se sustituye la enfriadora de compresor eléctrico anterior por una maquina de absorción de llama directa.

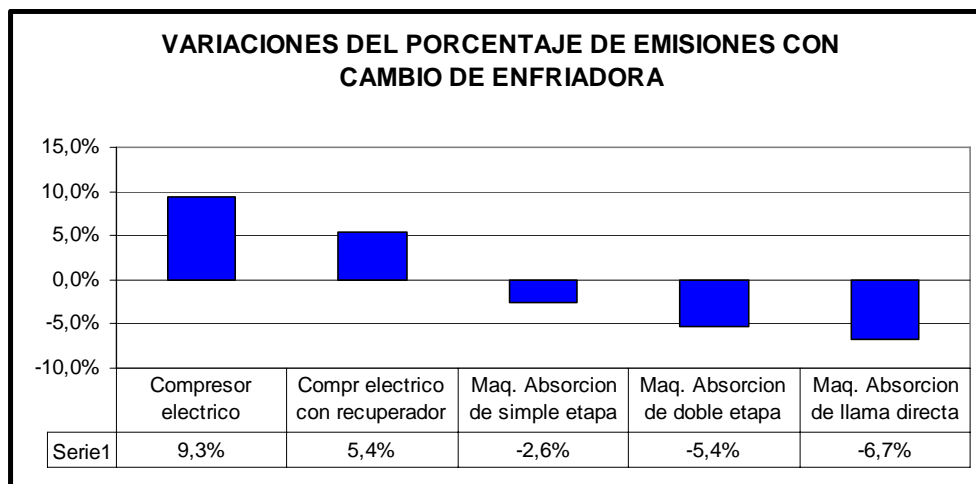
	Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
	Demanda Calef. (kW·h/m²)	21.8	20.0	1.09	D
	Demanda Refri. (kW·h/m²)	118.2	121.9	0.97	C
	Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	25.2	53.5	0.47	B
	Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
	Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	11.1	16.0	0.69	C
	Emisiones Tot. (kg CO2/m²)	36.2	69.5	0.52	B

Nota: Las demandas y emisiones por metro cuadrado han sido obtenidas utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas

Tabla 15. Resultados caso 9.

En este caso se ha conseguido la máxima reducción con el cambio de sistemas. Esta reducción es de un 6,7%

A continuación, en la gráfica 6-4, se muestra una gráfica donde se puede ver las variaciones en el porcentaje de las emisiones tras variar el tipo de enfriadora.



Gráfica 6 - 4. Resultados tras variaciones de enfriadora.

De la gráfica anterior se concluye que el compresor eléctrico es la peor enfriadora en cuanto a la calificación energética se refiere y que con la máquina de absorción de llama directa se obtiene la mejor calificación ya que por fin se ha conseguido reducir el porcentaje de emisiones totales de Kg. de CO₂ por metro cuadrado

Dado que el caso 9 es el mejor caso que se ha obtenido una vez hechas todas las modificaciones posibles, se procederá a comparar esta calificación con la calificación del edificio inicial. Recordar que únicamente con la variación de las calderas no se consiguió superar esta calificación.

CASO	TIPO	CLIMATIZACION	INDICE FINAL	% AUMENTO EMIS.
C. PRACT	Bomba de calor	27,7	0,56	0,0%
CASO 9	Maq. Absorcion de llama directa	25,2	0,52	-6,7%

Tabla 16. Comparación resultados.

Como refleja la tabla 16, se ha conseguido mejorar el 0,04 puntos el índice final y se ha reducido en un 6,7% las emisiones de CO₂ totales.

6.9.1.1 Conclusiones del estudio de los casos

Se puede concluir que el edificio, con los sistemas que lo acondicionaban por defecto, se caracterizaba por una buena calificación energética. Retocando estos sistemas se ha llegado a mejorar esta calificación, si bien es verdad, que muy pocas, serán las veces, que se permita modificar los sistemas de climatización de un edificio.

Por lo tanto la mejor calificación energética que se ha conseguido para el edificio es una “**B**” con un índice de **0,52**, cuando el edificio se climatiza mediante una maquina de absorción de llama directa.

Observando los resultados obtenidos, se puede comprobar que lo que limita la calificación en este caso son las emisiones de iluminación, así que se le prestará atención a este parámetro para poner en marcha medidas de reducción en las emisiones de CO₂ por iluminación.

También se puede sacar como conclusión que las mejoras en climatización son buenas pero económicamente muy costosas, así que se tratará de buscar otras soluciones que reduzcan las emisiones debidas a la climatización.

Todo esto se analizará en el próximo apartado.

Se pueden encontrar todos los archivos simulados en el Anexo 7

6.9.2 Análisis de otros parámetros

En este apartado, como se dijo anteriormente, se tratarán medidas de ahorro energético que no impliquen un cambio en los sistemas de climatización del edificio. Se trabajará con los sistemas de climatización iniciales del edificio, es decir, con una bomba de calor.

Caso 10: Modificación de los horarios

A la hora de realizar la simulación del edificio, CALENER GT tiene unos horarios asignados dependiendo del uso que se le haya dado al edificio. La correcta definición de estos horarios es muy importante, ya que van a regir el tiempo de funcionamiento de los equipos del edificio.

Estos horarios realizan el control de los sistemas, indicándoles por ejemplo cuando deben de funcionar o que temperaturas deben de entrar en funcionamiento o deben de parar.

CALENER GT permite la creación de horarios de funcionamiento nuevos y eso es lo que se ha puesto en práctica en este apartado. Un horario viene definido por un horario diario, uno semanal creado a partir de horarios diarios y uno anual creado a partir de horarios semanales.

En la ilustración 6-17 se mostrará una comparación entre los horarios que por defecto, CALENER GT, asigna a la fracción de ocupación diaria de un edificio de oficinas, como es el caso práctico, y el horario modificado.

Valores Horarios					
0 - 1:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="0,4000"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,4000"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio
8 - 9:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
9 - 10:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
10 - 11:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
11 - 12:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio

Valores Horarios					
0 - 1:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="0,6000"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,6000"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="0,7000"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="0,7000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,5000"/>	ratio
8 - 9:	<input type="text" value="0,7000"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio
9 - 10:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
10 - 11:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
11 - 12:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio

Ilustración 6-17. Horarios por defecto (izq). Horarios modificados (derch).

A la izquierda se tiene el horario que por defecto asigna el programa, mientras que a la derecha se tiene el horario modificado. Se detallan todas las modificaciones realizadas en el anexo 6.

Se han realizado modificaciones en los horarios referentes a la ocupación, iluminación e infiltraciones y modificaciones referentes a las temperaturas de control de los termostatos y se han detectado ciertas curiosidades tras las variaciones realizadas en este último parámetro.

Caso 10.1: Temperaturas de calefacción y refrigeración en 22°C y 24°C

En la tabla 17 se puede apreciar que ocurre si se fijan las temperaturas de calefacción y refrigeración en 22°C y en 24°C respectivamente:

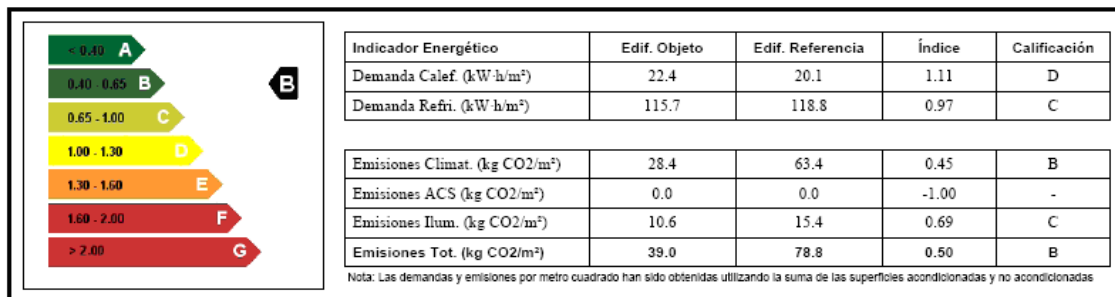


Tabla 17. Resultados caso 10.1.

Caso 10.2: Temperaturas de calefacción y refrigeración en 21°C y 26°C

Si, en cambio, y haciendo referencia al RITE, se fijan las temperaturas de calefacción y refrigeración en 21°C y en 26°C respectivamente, se obtienen los siguientes resultados:

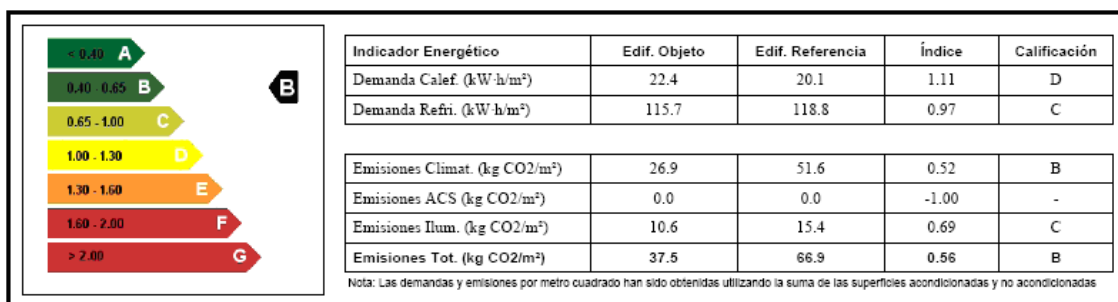


Tabla 18. Resultados caso 10.2

Si se fijan atentamente, los resultados que arroja CALENER GT son “engañosos”. Se puede apreciar bien en la tabla 19:

CASO	TIPO	CLIMATIZACION	INDICE FINAL	% AUMENTO EMIS.
C. PRACT	Bomba de calor (20°C y 25°C)	38,8	0,56	0,0%
CASO 10.1	Temperaturas de 22°C y 24°C	39,9	0,5	2,8%
CASO 10.2	Temperaturas de 21°C y 26°C	37,5	0,56	-3,6%

Tabla 19. Comparación de los casos 10.1 y 10.2

En cuanto al índice de calificación energética, se puede observar una cierta mejora en el caso 10.1, lo cual indica que el edificio va a ser energéticamente más eficiente. Lo que no quiere decir es que emitirá una menor cantidad de Kg. de CO₂, ya que si se atiende a los Kg. de CO₂ de las emisiones totales, el caso

10.1, con mejor calificación energética, emite más CO₂ que el otro con peor calificación energética.

Esto se debe a que CALENER GT compara el edificio que se quiere evaluar (edificio de referencia) con otro que el mismo genera (edificio objeto), y al parecer estas modificaciones en el control de las temperaturas hacen variar el edificio objeto de un modo diferente. Como el índice de calificación energética se consigue mediante la relación de estos dos edificios, referencia y objeto, es aquí donde reside este “efecto engañoso”.

Decir también que en ambos casos, las emisiones de CO₂ por iluminación experimentan un descenso del 4,5 %, a pesar de que muestren el mismo índice de calificación energética.

Caso 11: Puntos de control automático de la iluminación

Con esta medida de ahorro energético se pretende reducir las emisiones debidas a la iluminación, punto en el que hasta ahora no se ha conseguido ningún tipo de reducción.

En este caso esta mejora requiere de una especial atención debido a que, lo que limita la calificación energética del edificio, es la iluminación, con un índice de 0,69. Este valor hace que los esfuerzos realizados en mejorar la calificación sean en vano, ya que la calificación final es una media entre el índice de emisiones de climatización, ACS (que no se ha estudiado en este caso) y de iluminación.

Se han incluido puntos de control automático de la iluminación en la fachada sur, debido a que esta fachada será la que más luz solar aporte y sobre todo debido a los grandes ventanales que la caracterizan.

Los puntos de control han sido colocados según las indicaciones de los manuales del modo que se muestra en la ilustración 6-18:

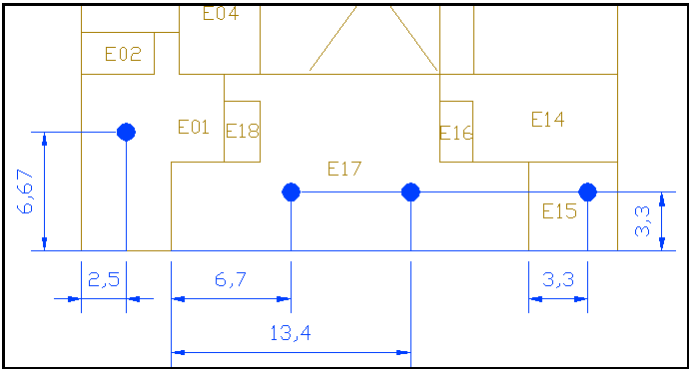


Ilustración 6-18. Puntos de control de la iluminación.

Una vez realizada la simulación, el programa CALENER GT arroja los siguientes resultados:

< 0.40

A

0.40 - 0.65

B

0.65 - 1.00

C

1.00 - 1.30

D

1.30 - 1.60

E

1.60 - 2.00

F

> 2.00

G

B

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m²)	21.9	20.0	1.10	D
Demanda Refri. (kW·h/m²)	116.1	121.9	0.95	C

Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	27.6	53.5	0.52	B
Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	9.5	16.0	0.59	B
Emisiones Tot. (kg CO2/m²)	37.1	69.5	0.53	B

Nota: Las demandas y emisiones por metro cuadrado han sido obtenidas utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas

Tabla 20. Resultados caso 11.

Se puede comprobar como, incluyendo simplemente estos puntos de control de la iluminación en la fachada sur del edificio, se ha conseguido reducir los Kg. de CO₂ de las emisiones de iluminación un 14,4%. En cuanto a las emisiones totales se refiere, se experimenta una reducción del 4,4%.

Caso 12: Horarios y control de la iluminación

Cuando se realizaron las variaciones de los sistemas de climatización no era posible el combinarlos, se tuvo que elegir el sistema que mejor calificación energética obtuviera.

En este caso las medidas de ahorro energético son perfectamente compatibles, es decir, se puede modificar los horarios al mismo tiempo que se colocan los puntos de control de la iluminación.

Tras aplicar estas medidas conjuntas en cuanto a los puntos de control y a la modificación de los horarios según el RITE, se obtuvieron los siguientes resultados:

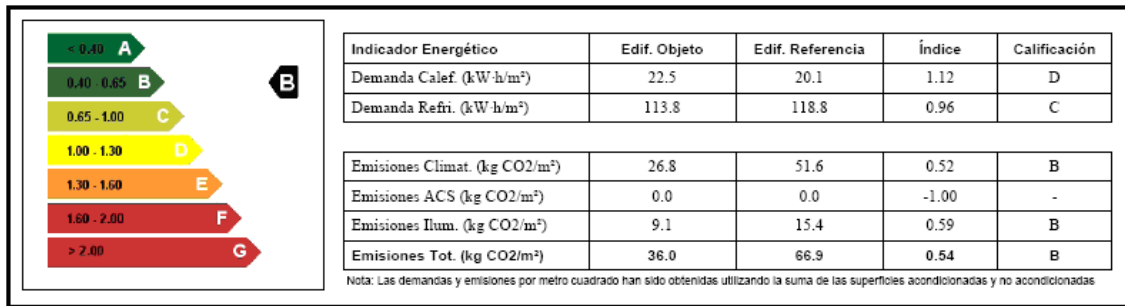


Tabla 21. Resultados caso 12.

Como se puede observar en la tabla 21, se han reducido los Kg. de CO₂ por metro cuadrado en las emisiones de climatización e iluminación. A pesar de no haber cambiado la letra que identifica de la calificación energética, la reducción de emisiones de CO₂ totales asciende a un 7,2%.

6.9.2.1 Conclusiones de las modificaciones realizadas

Como se ha podido comprobar, estas modificaciones han supuesto un reducción del 7,2% en las emisiones totales de Kg. CO₂ por metro cuadrado, mientras que con las variaciones de los sistemas de climatización estas fueron de un 6,7%.

A pesar de reducir este 7,2% dichas emisiones, la calificación energética del edificio no varia, sigue siendo una “B”. Esto se debe a que al realizar las modificaciones en los horarios, se disminuyeron las emisiones de CO₂ pero se empeoró el índice de calificación energética. A pesar de todo, es muy difícil conseguir un salto de letra si el índice no se encuentra próximo al cambio de rango.

No obstante cuanto mejor es la calificación energética del edificio de partida, mas difícil será mejorarla, por lo que se considera como satisfactoria esta reducción a pesar de no haber conseguido el cambio de letra.

Todos los archivos simulados se encuentran en el Anexo 7.

6.9.3 El mejor edificio posible

Parece que queda un sabor de boca agri dulce al tratar de mejorar la calificación energética de un edificio y a pesar de obtener importantes

reducciones en las emisiones de CO₂, no se ha conseguido mejorar la “B” obtenida en un principio.

Por esta razón se va a simular el edificio con todas las mejoras posibles que se han considerado, es decir:

- Con maquina de absorción de llama directa
- Con modificaciones en los horarios
- Con puntos de control de la iluminación

Los resultados de esta simulación se muestran en la tabla 22:

< 0.40

A

0.40 - 0.65

B

0.65 - 1.00

C

1.00 - 1.30

D

1.30 - 1.60

E

1.60 - 2.00

F

> 2.00

G

B

Indicador Energético	Edif. Objeto	Edif. Referencia	Índice	Calificación
Demanda Calef. (kW·h/m²)	22.5	20.1	1.12	D
Demanda Refri. (kW·h/m²)	113.8	118.8	0.96	C

Emisiones Climat. (kg CO2/m²)	24.8	51.6	0.48	B
Emisiones ACS (kg CO2/m²)	0.0	0.0	-1.00	-
Emisiones Ilum. (kg CO2/m²)	9.1	15.4	0.59	B
Emisiones Tot. (kg CO2/m²)	33.9	66.9	0.51	B

Nota: Las demandas y emisiones por metro cuadrado han sido obtenidas utilizando la suma de las superficies acondicionadas y no acondicionadas

Tabla 22. Resultados del mejor edificio posible.

Una vez mas, se sigue obteniendo una “B” con un índice de 0,51. No obstante uno se muestra muy satisfecho habiendo reducido un 12,6% las emisiones totales de Kg. de CO₂ por metro cuadrado.

No hay que olvidar que el principal objetivo de este proyecto es el de mostrar como con ciertos criterios a la hora de diseñar un edificio, en cuanto a los cerramientos, huecos, sistemas de climatización, iluminación y ACS se refiere, se pueden reducir en una proporción considerable las emisiones de CO₂ del edificio.

Para seguir mejorando el edificio se tendrían que modificar parámetros tales como los cerramientos o las características de los vidrios y marcos. Seguramente con dichas mejoras se alcanzaría una calificación energética “A”.

Se puede encontrar el archivo en CALENER GT, de este edificio en el Anexo 7 junto con todas las simulaciones realizadas en el proyecto.

7 CONCLUSIONES

Puesto que se han ido comentando todos los resultados obtenidos y se han ido sacando conclusiones de cada caso en concreto, en este apartado se tratarán las conclusiones generales del proyecto.

Comenzar diciendo que ha sido una experiencia realmente satisfactoria, ya que se ha realizado un estudio sobre un tema que está en la conciencia de todo el mundo y está siempre de actualidad.

El que más y el que menos ha oído hablar de la eficiencia energética, aunque solo sea en el caso de los electrodomésticos, y se sabe que se debe “ahorrar energía”.

El haber sido capaz de reducir el consumo de energía de un edificio, y con ello las emisiones de CO₂ a la atmosfera, resulta muy gratificante ya que ahora “eres tú” el que demuestra cuanto se reduce de un modo muy práctico.

A pesar de que ya hace algunos años que empezó todo esto, la eficiencia energética está dando sus primeros pasos. Se están creando continuamente nuevas versiones mejoradas de los programas LIDER y CALENER GT y como se ha comentado en el proyecto, están surgiendo nuevos programas de calificación energética. Por lo tanto, parece que al tema de eficiencia energética en edificios, todavía le queda mucho porvenir.

Sin más, agradecer a mi familia y compañeros que me han ido apoyando a lo largo de la carrera y a Grupo Ergios por los conocimientos que he adquirido con ellos sobre este tema.

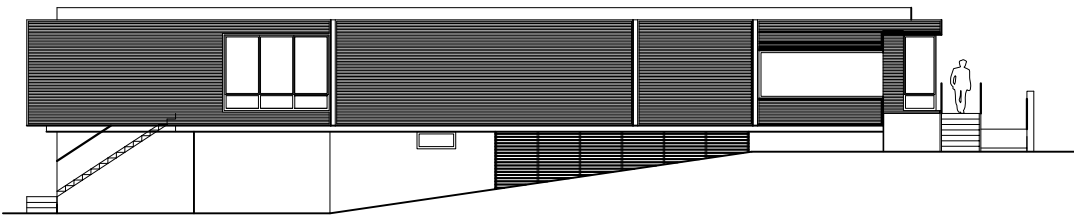
8 BIBLIOGRAFÍA

- <http://www.codigotecnico.org>
- <http://www.idae.es>
- <http://www.maec.es>
- <http://www.mityc.es>
- <http://www.gbce.es>
- <http://www.boe.es>
- <http://www.usqbc.org>
- http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/l27061_es.htm
- <http://www.buildup.eu>

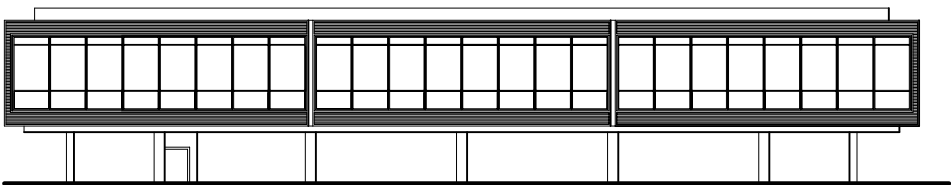
Anexo 1: Planos del edificio

- Alzados y secciones
- Plano semisótano
- Plano planta primera
- Zonificación
- Plano iluminación semisótano
- Plano iluminación planta primera
- Plano agua semisótano
- Plano agua planta primera
- Plano aire semisótano
- Plano aire planta primera

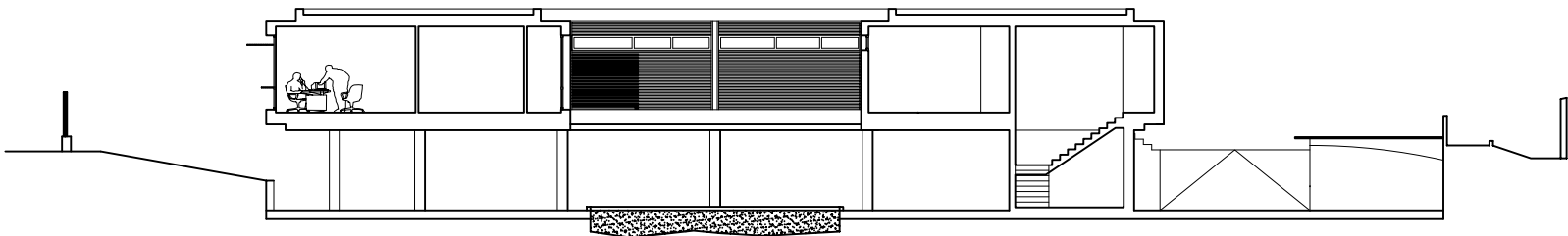
ALZADO NORTE



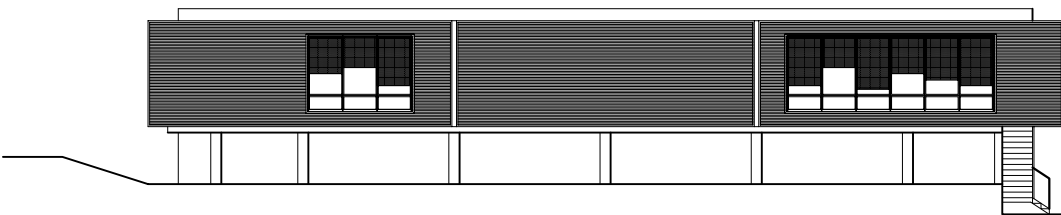
ALZADO SUR



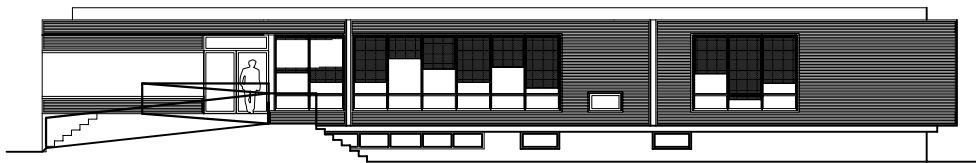
SECCION NORTE-SUR



ALZADO ESTE



ALZADO OESTE



EDIFICIO DE OFICINAS
UTRERA (SEVILLA)

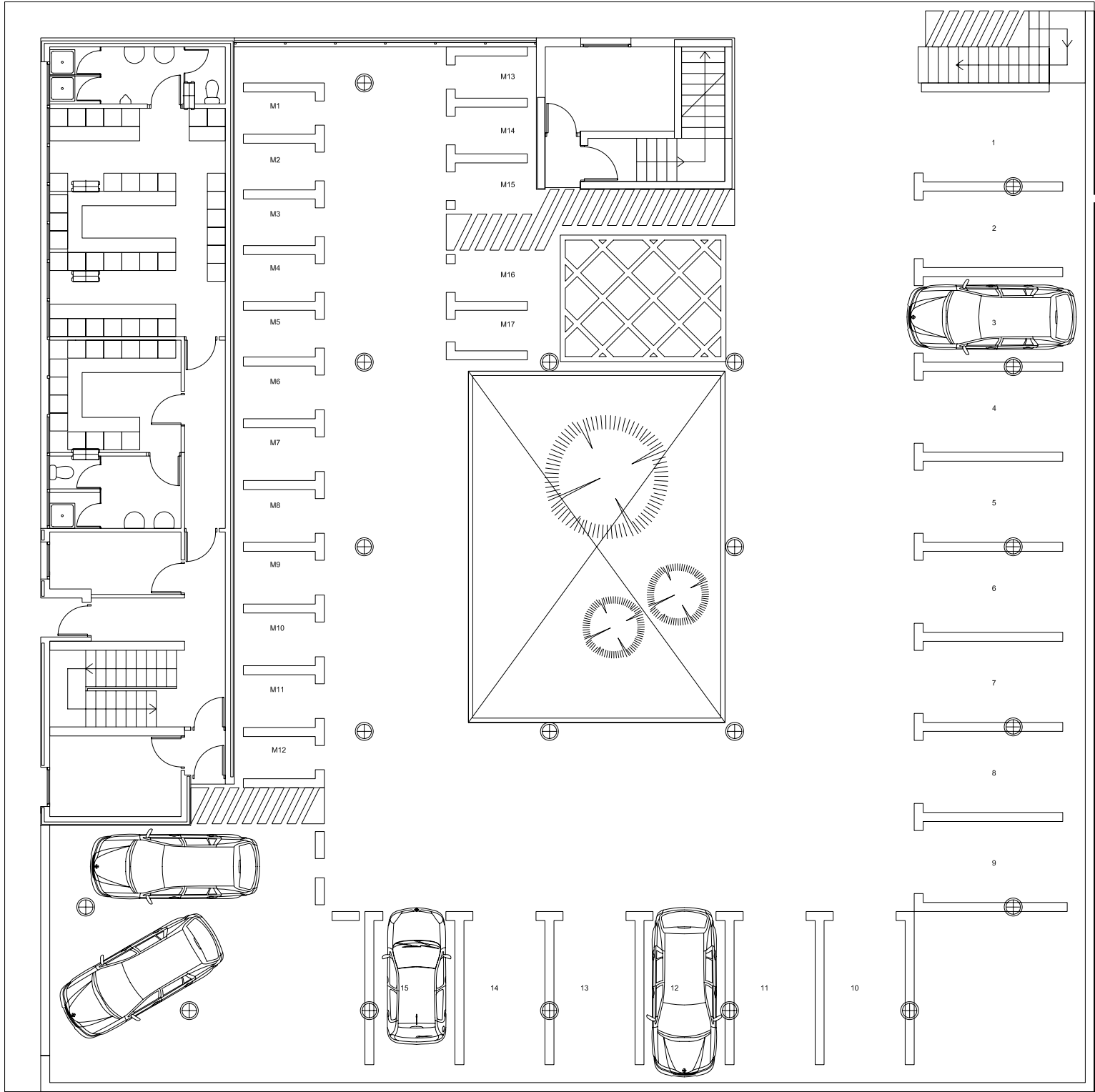
TITULO
ALZADOS Y SECCIONES

ESCALA
S/E A3

REDACTOR
OMAR TABUYO RODRIGUEZ

PLANO N°
AYS-01

FECHA
FEBRERO 2010



EDIFICIO DE OFICINAS
UTRERA (SEVILLA)

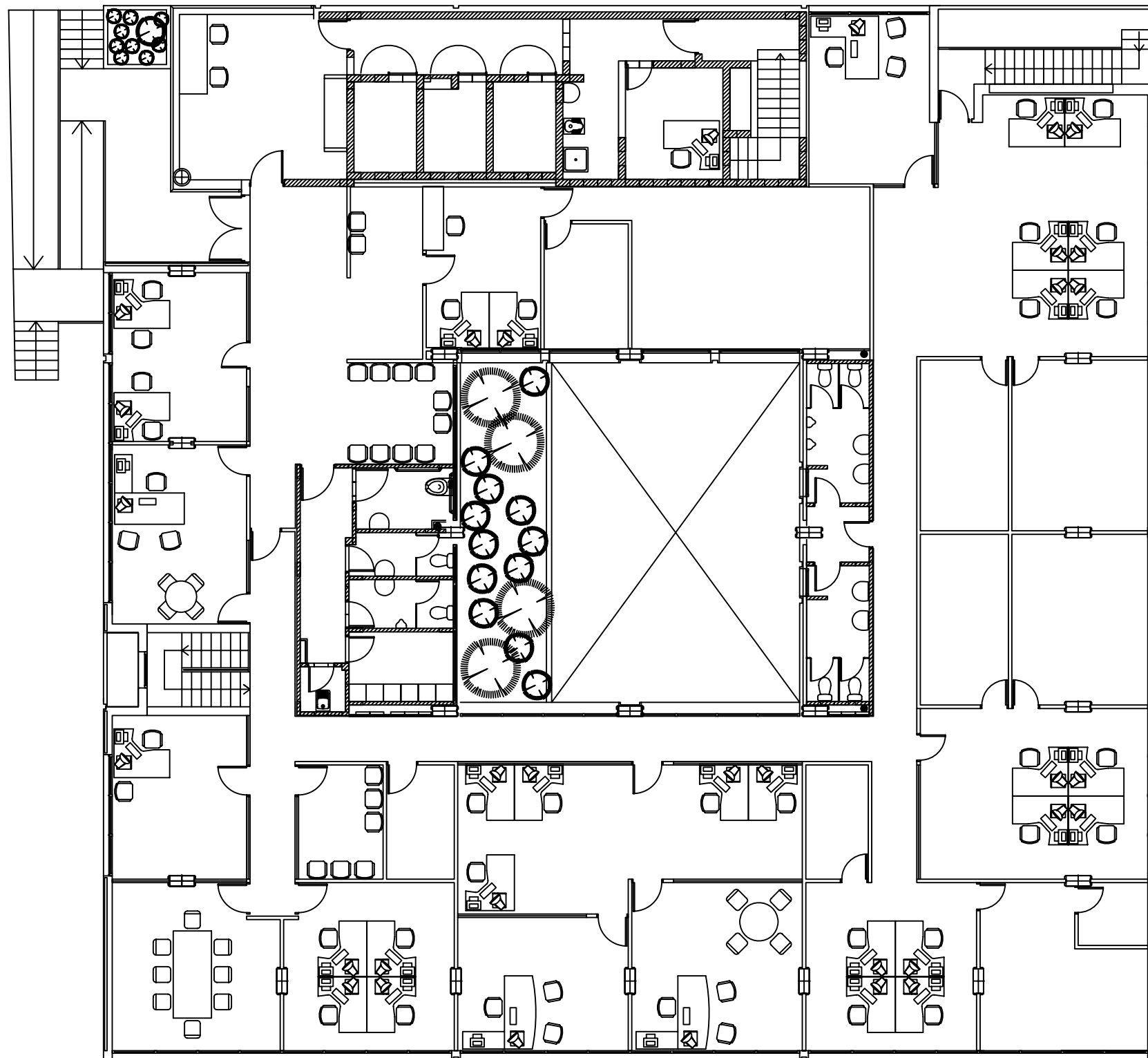
ARQUITECTURA SOTANO

ESCALA
1/150 A3

REDACTOR
OMAR TABUYO RODRIGUEZ

PLANO N°
ARQ-01

FECHA
FEBRERO 2010



EDIFICIO DE OFICINAS
UTRERA (SEVILLA)

TITULO

ARQUITECTURA PLANTA PRIMERA

ESCALA

1/150 A3

REDACTOR

OMAR TABUYO RODRIGUEZ

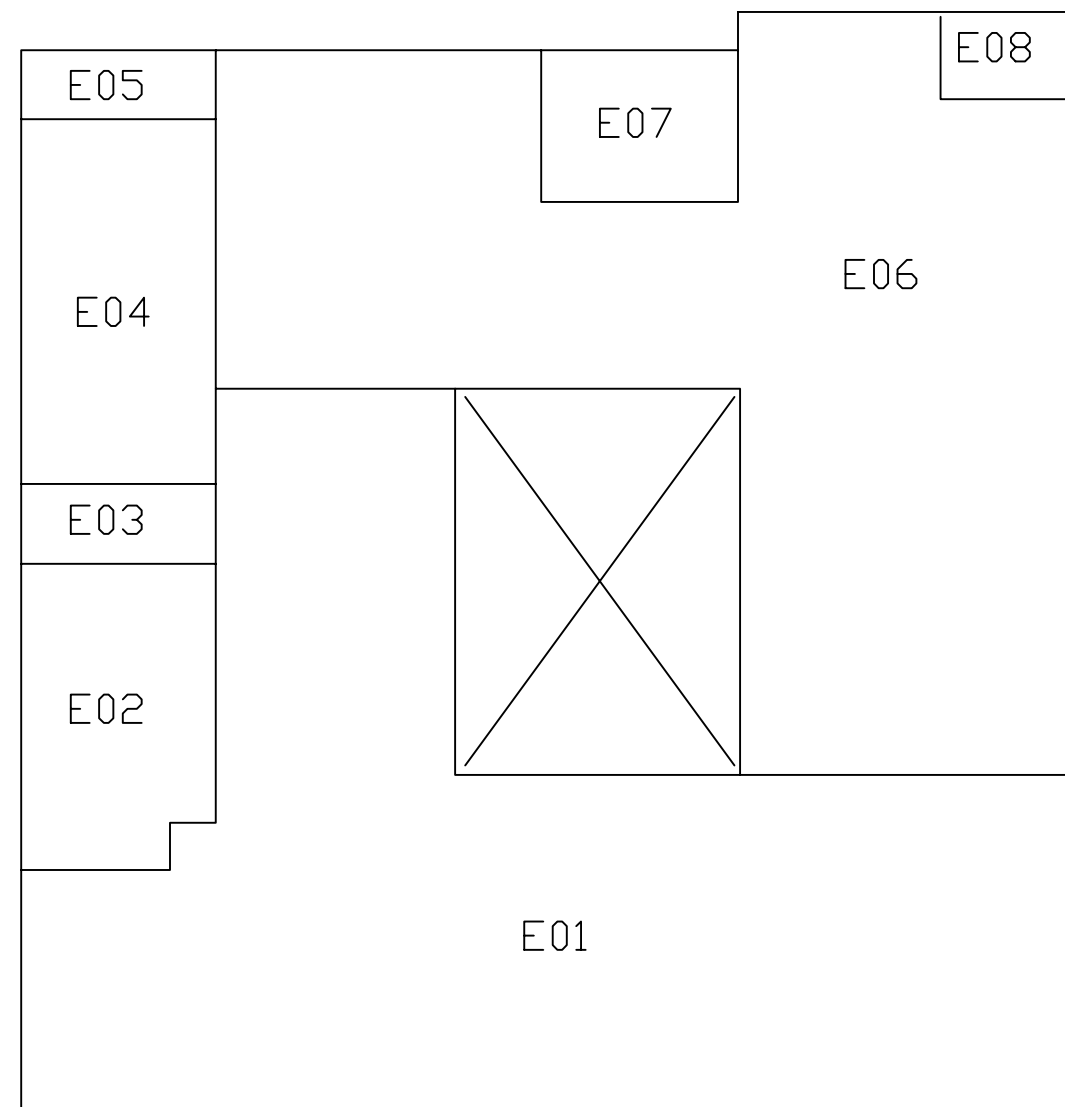
PLANO N°

ARQ-02

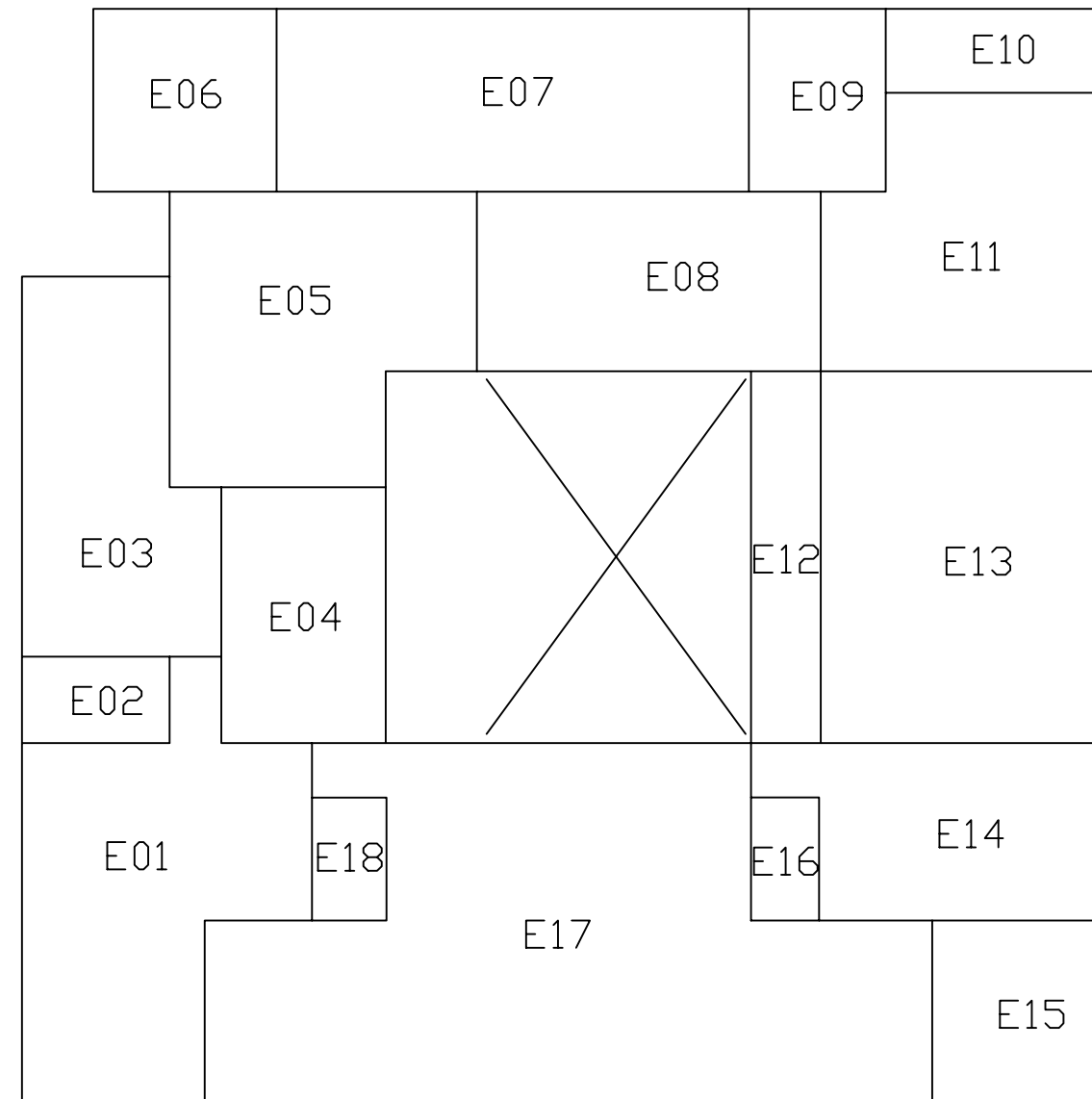
FECHA

FEBRERO 2010

SOTANO



PLANTA PRIMERA



EDIFICIO DE OFICINAS
UTRERA (SEVILLA)

TITULO

ZONIFICACION

ESCALA

S/E A3

REDACTOR

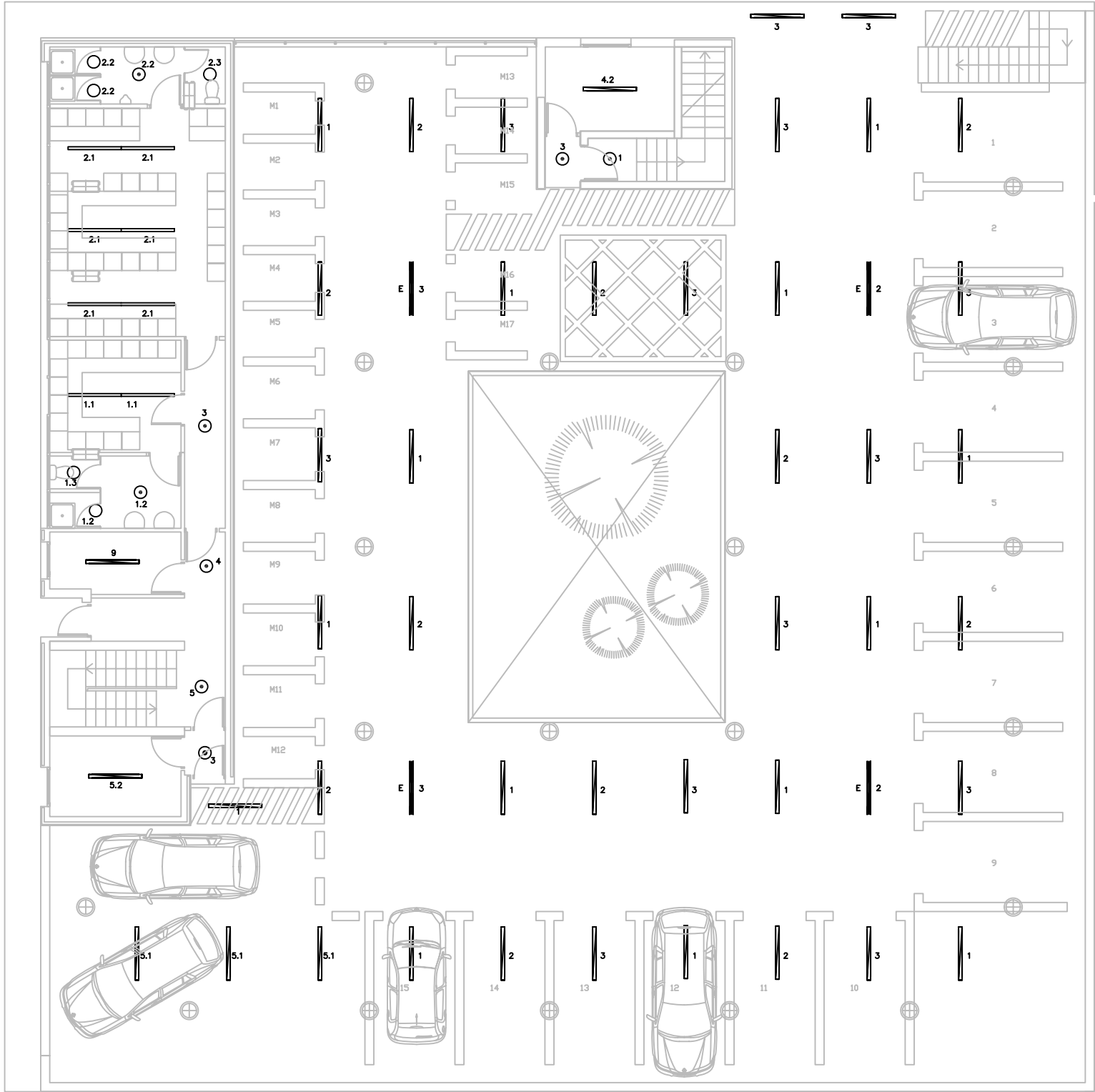
OMAR TABUYO RODRIGUEZ

PLANO N°

ZON-01

FECHA

FEBRERO 2010



EDIFICIO DE OFICINAS
UTRERA (SEVILLA)

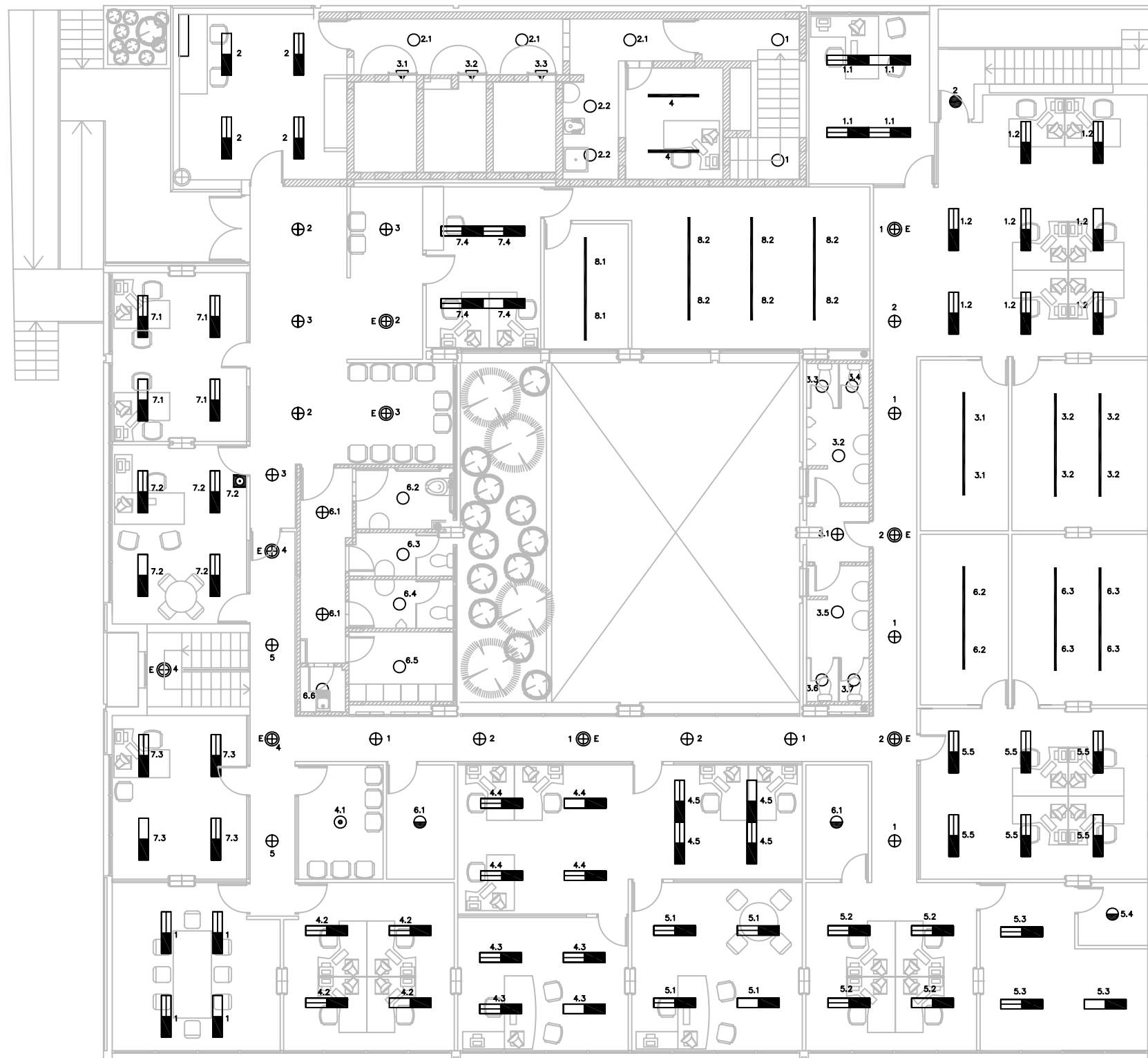
TITULO
ILUMINACION SOTANO

ESCALA
1/150 A3

REDACTOR
OMAR TABUYO RODRIGUEZ

PLANO N°
ILU-01

FECHA
FEBRERO 2010



EDIFICIO DE OFICINAS
UTRERA (SEVILLA)

TITULO

ILUMINACION PLANTA PRIMERA

ESCALA

1/150 A3

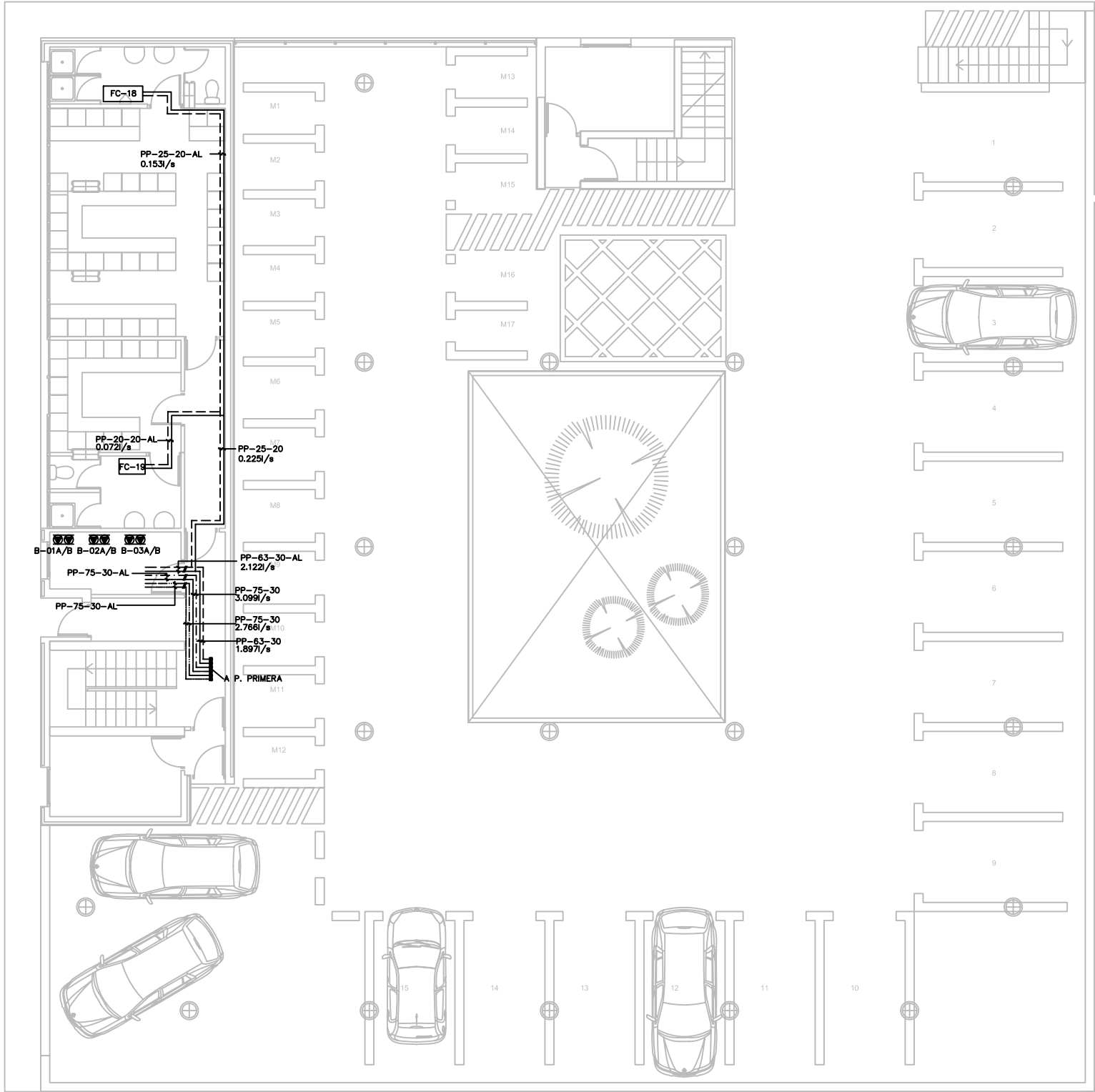
REDACTOR

OMAR TABUYO RODRIGUEZ

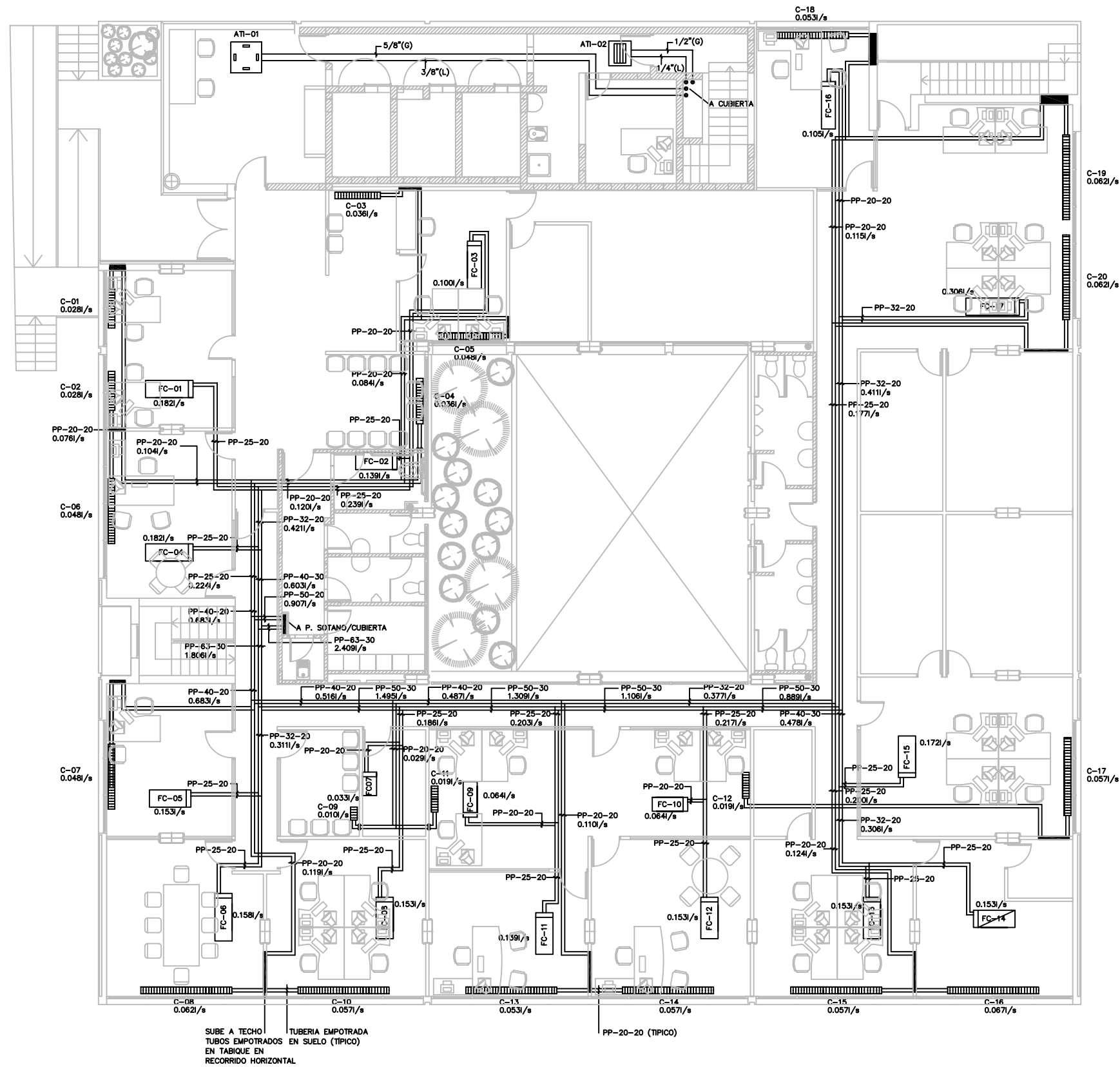
PLANO N°

ILU-02

FECHA
FEBRERO 2010



EDIFICIO DE OFICINAS UTRERA (SEVILLA)	
TITULO	PLANO N°
CLIMATIZACION AGUA SOTANO	CL-01
ESCALA	FECHA
1/150 A3	FEBRERO 2010
REDACTOR	
OMAR TABUYO RODRIGUEZ	



(TÍPICO)

EDIFICIO DE OFICINAS
UTRERA (SEVILLA)

TÍTULO

CLIMATIZACION AGUA PLANTA PRIMERA

ESCALA

1/150 A3

REDACTOR

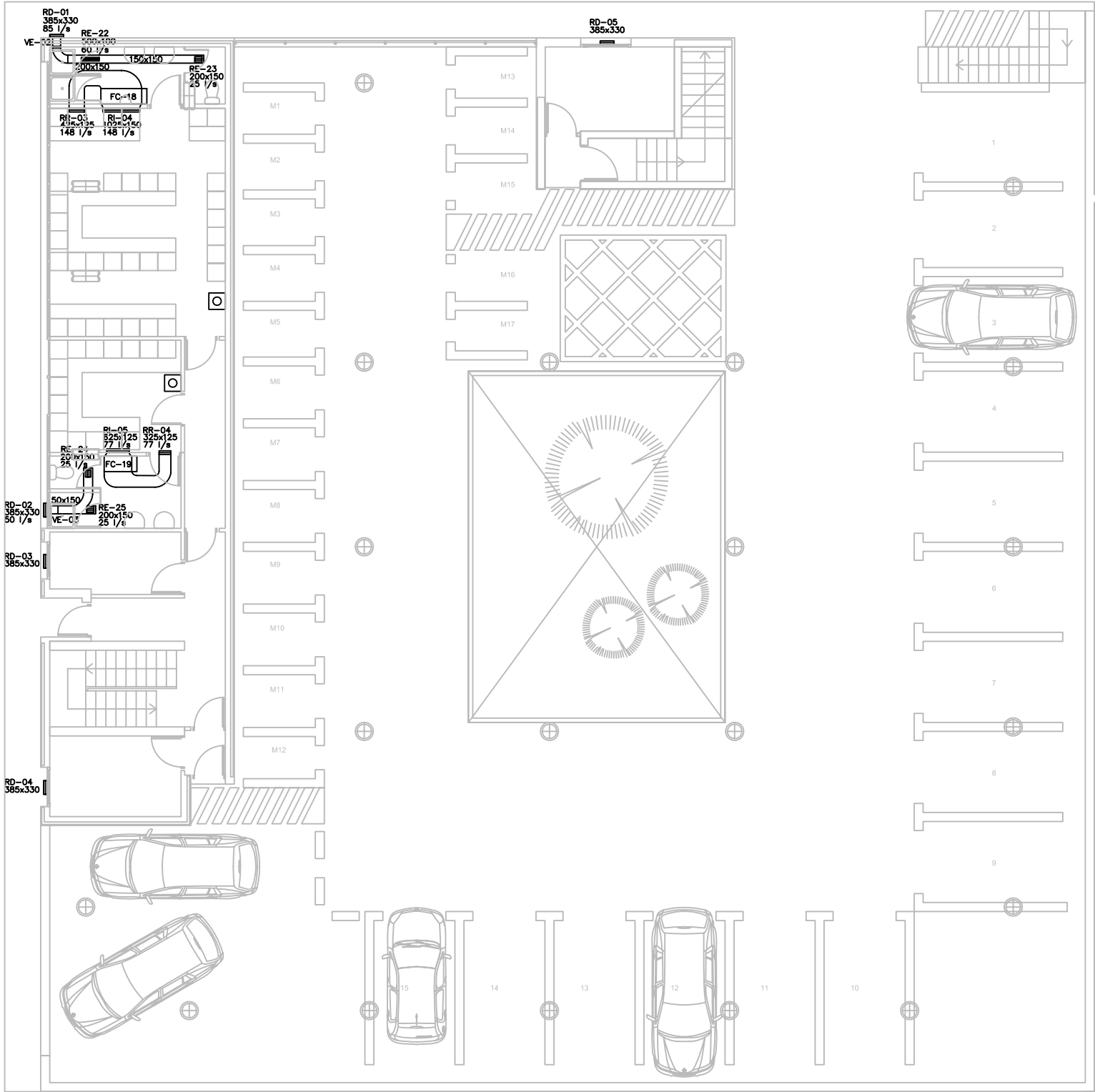
OMAR TABUYO RODRIGUEZ

PLANO Nº

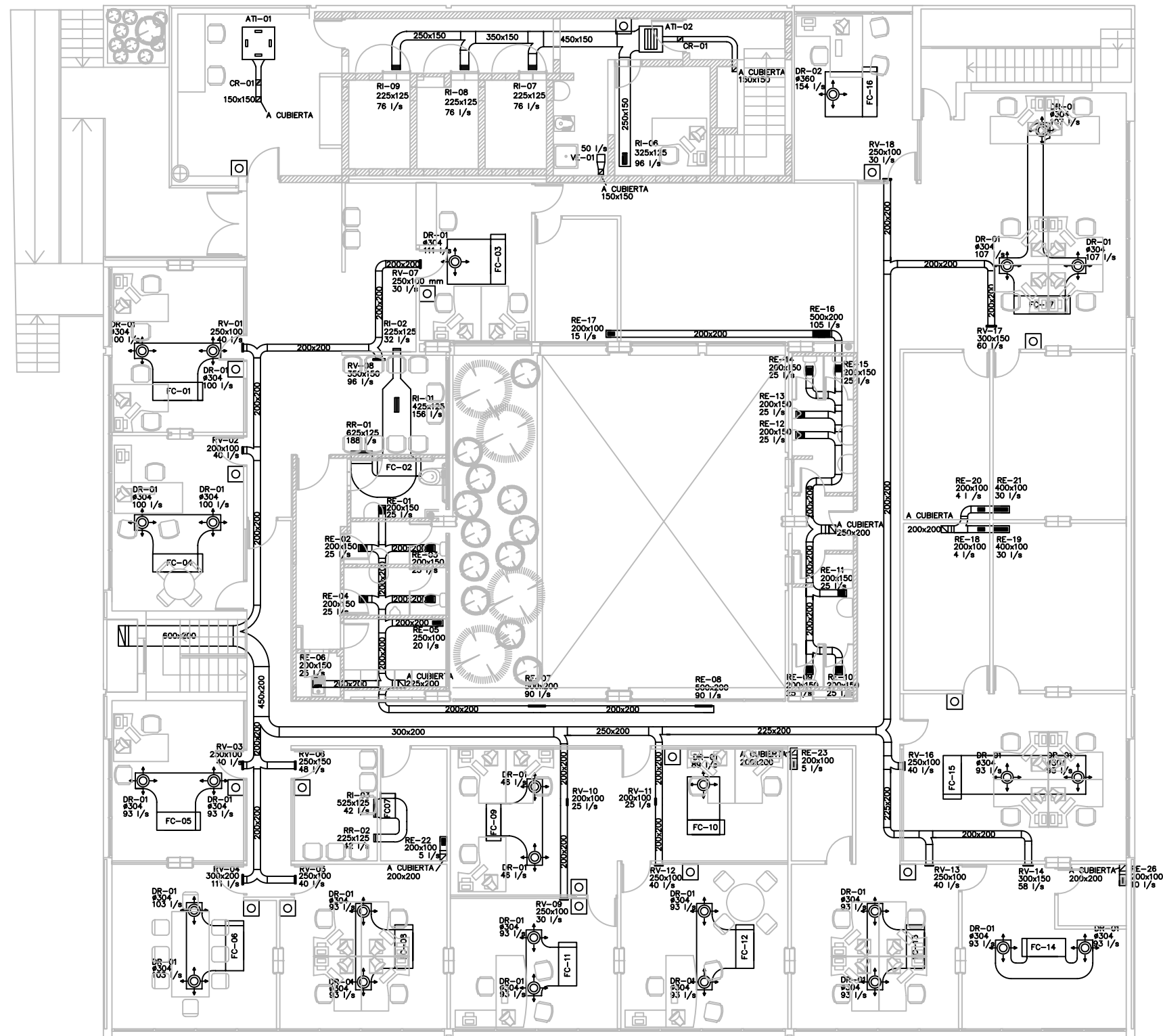
CL-02

FECHA

FEBRERO 2010



EDIFICIO DE OFICINAS UTRERA (SEVILLA)	
TITULO	PLANO N°
CLIMATIZACION AIRE SOTANO	CL-03
ESCALA	FECHA
1/150 A3	FEBRERO 2010
REDACTOR	
OMAR TABUYO RODRIGUEZ	



EDIFICIO DE OFICINAS
UTRERA (SEVILLA)

TITULO

PLANO N°

CLIMATIZACION AIRE PLANTA PRIMERA

CL-04

ESCALA

1/150 A3

REDACTOR

OMAR TABUYO RODRIGUEZ

FECHA

FEBRERO 2010

ANEXO 2: Composición de los cerramientos

- Fachada

Material	Espesor (m)
XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,06
Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015
1/2 pie LP métrico o catalán 40 mm < G < 60 mm	0,12
Enlucido de yeso d < 1000	0,015
U (W/m²·K)	0,46

- Cubierta

Material	Espesor (m)
XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,06
FR Entrevigado de EPS mecanizado enrasado	0,35
Enlucido de yeso d < 1000	0,015
U (W/m²·K)	0,41

- Forjado

Material	Espesor (m)
Gres(silíce) 2200 < d < 2590	0,01
Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,015
XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,06
FR Entrevigado de EPS mecanizado enrasado	0,35
U (W/m²·K)	0,4

- Muro terreno

Material	Espesor (m)
Enlucido de yeso d < 1000	0,015
BH convencional espesor 250 mm	0,25
XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,04
Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,02
U (W/m²·K)	0,59

- Suelo terreno

Material	Espesor (m)
Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,02
XPS Expandido con dióxido de carbono CO2	0,04
Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,25
Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,25
U (W/m²·K)	0,62

- Tabiquería

Material	Espesor (m)
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015
Tabique de LH sencillo [40 mm < Espesor < 60	0,046
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015
U (W/m²·K)	1,95

- Huecos (Ventanas y Puertas)

Nombre	U (W/m²·K)	Factor Solar
Vidrio	2,8	0,68

Nombre	U (W/m²·K)
Marco	4

Nombre	Ventana
Acristalamiento	Vidrio
Marco	Marco
% Hueco	10
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	50
U (W/m²·K)	2,92
Factor solar	0,62

Nombre	Puerta
Acristalamiento	Vidrio
Marco	Marco
% Hueco	10
Permeabilidad m³/hm² a 100Pa	60
U (W/m²·K)	2,92
Factor solar	0,62

ANEXO 3: Cálculo de las luminarias

Para realizar los cálculos de iluminación se debe contabilizar las luminarias que se encuentran en los planos. Para ello, se ha ido multiplicando la potencia de cada luminaria por el número de veces que aparece en cada espacio y se ha realizado la suma total de la potencia de iluminación de cada espacio. Resulta de gran ayuda superponer los esquemas realizados, donde se identifican los espacios en los que se ha dividido el edificio, sobre los planos de iluminación. Los resultados se muestran a continuación:

ESPACIO	SUPERFICIE (m2)	LUMINARIA (W)																	DENSIDAD (W/m2)
		Numero	Pot. 1x35 W	Numero	Pot. 1x36 W	Numero	Pot. 1x49 W	Numero	Pot. 2x28 W	Numero	Pot. 1x75 W	Numero	Pot. 2x26 W	Numero	Pot. 1x32 W	Numero	Pot. 1x100 W	Total (W)	
P01_E01	303,13	0	0	23	828	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	828	2,73
P01_E02	40,31	0	0	2	72	0	0	0	0	0	0	3	156	0	0	0	0	228	5,66
P01_E03	10,87	0	0	0	0	0	0	0	0	2	150	1	52	0	0	0	0	202	18,58
P01_E04	49,82	8	280	0	0	0	0	0	0	0	0	1	52	0	0	0	0	332	6,66
P01_E05	9,36	0	0	0	0	0	0	0	0	3	225	1	52	0	0	0	0	277	29,59
P01_E06	275,75	0	0	22	792	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	792	2,87
P01_E07	21,07	0	0	1	36	0	0	0	0	0	0	2	104	0	0	0	0	140	6,64
P01_E08	8,26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
P02_E01	66,99	0	0	0	0	0	0	8	448	0	0	5	260	0	0	0	0	708	10,57
P02_E02	9,49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	52	0	0	0	0	52	5,48
P02_E03	48,62	0	0	0	0	0	0	8	448	0	0	2	104	0	0	0	0	552	11,35
P02_E04	31,65	0	0	0	0	0	0	0	0	5	375	2	104	0	0	0	0	479	15,13
P02_E05	60,69	0	0	0	0	0	0	4	224	0	0	6	312	0	0	0	0	536	8,83
P02_E06	25,26	0	0	0	0	0	0	4	224	0	0	0	0	0	0	0	0	224	8,87
P02_E07	64,55	0	0	0	0	2	98	0	0	7	525	0	0	0	0	3	300	623	9,65
P02_E08	46,55	0	0	0	0	8	392	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	392	8,42
P02_E09	18,69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	208	0	0	0	0	208	11,13
P02_E10	14,32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
P02_E11	56,86	1	35	0	0	0	0	8	448	0	0	2	104	0	0	0	0	587	10,32
P02_E12	19,29	0	0	0	0	0	0	0	0	6	450	1	52	0	0	0	0	502	26,02
P02_E13	82,71	0	0	0	0	12	588	0	0	0	0	3	156	0	0	0	0	744	9,00
P02_E14	42,3	0	0	0	0	0	0	6	336	0	0	0	0	0	0	0	0	336	7,94
P02_E15	24,93	0	0	0	0	0	0	3	168	0	0	0	0	1	32	0	0	200	8,02
P02_E16	6,44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	32	0	0	32	4,97
P02_E17	151,31	0	0	0	0	0	0	24	1344	0	0	4	208	0	0	0	0	1552	10,26
P02_E18	6,99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	32	0	0	32	4,58

Una vez hallada la potencia de iluminación de cada espacio se halla la iluminancia media mantenida que es el valor por debajo del cual no debe descender la iluminancia media en el área especificada y que se obtiene a través de tablas como la que se muestra a continuación:

Usos	Em	Usos	Em	Usos	Em	Usos	Em
Taller	500 Lux	Áreas circulación pasillos (n/suelo)	100 Lux	EDUCACION		Sanitarios	
Oficinas: Archivo, copias	300 Lux	escaleras, ascensores	150 Lux	aulas	300 Lux	Espera	200 Lux
Oficinas: Escritura	500 Lux	Rampas, cargas	150 Lux	nocturnas y adultos	500 Lux	Pasillos día	200 Lux
Oficinas: Dibujo Técnico	750 Lux	Galerías sin guarnecer(n/suelo)	20 Lux	lectura	500 Lux	pasillos noche	50 Lux
Oficinas: CAD	500 Lux	Galería guarnecida(n/suelo)	150 Lux	pizarra	500 Lux	Salas día	200 Lux
Oficinas: Conferencias, Reuniones	500 Lux			Mesa Demostraciones	500 Lux	Oficinas personal	500 Lux
Oficinas: Mostrador Recepción	300 Lux			Aula Arte	500 Lux	Salas personal (ilum. Controlable)	300 Lux
Oficinas: Archivos	200 Lux			en escuela de Arte	750 Lux		
		Almacenes	100 Lux	A. Dibujo Técnico	750 Lux	Alumbrado general (n/suelo)	100 Lux
Tienda		Almacenes ocupación	200 Lux	laboratorio prácticas	500 Lux	Alumbrado lectura	300 Lux
Ventas	300 Lux	sala máquinas	200 Lux	Manualidades	500 Lux	Exámenes	300 Lux
Caja	500 Lux			Taller enseñanza	500 Lux	Exámenes y tratamiento	1000 Lux
Envolver	500 Lux			Prácticas música	300 Lux	Al. Nocturno, observación	5 Lux
		peluquerías	500 Lux	Prácticas ordenador	300 Lux	Cuartos baño	200 Lux
Zonas Públicas		f. diamantes	1500 Lux	laboratorio lenguaje	300 Lux		
Hall	100 Lux	joyas	1000 Lux	talleres	500 Lux	Tratamiento	
Guardarropa	200 Lux	relojería manual	1500 Lux	hall	200 Lux	Dialisis	500 Lux
Salones	200 Lux	relojería autom.	500 Lux	circulación pasillos	100 Lux	Dermatología	500
Oficinas taquillas	300 Lux	lavandería: varios	300 Lux	escaleras	150 Lux	Endoscopia	300
Alumbrado general	300 Lux	lavandería: Inspección Reparación	750 Lux	Guardería:	300 Lux	Yesos	500
				aulas estudio/reunión	200 Lux	Baños médicos	300
Biblioteca/Librería		Imprentas	500 Lux	Salas profesores	300 Lux	Masaje, radioterapia	300
Estanterías	200 Lux	Imprenta: tipos, litografías	1000 Lux	estanterías	200 Lux	Salas recuperación	5300
Áreas Lectura	500 Lux	Imprentas: inspección color	1500 Lux	lectura	500 Lux	Teatro operaciones	1000
		grabado acero, cobre	2000 Lux	Almacén	100 Lux	Quirofano	10000
				deportes gimnasio piscinas	300 Lux		100000
Parking		RESTAURANTE		cantina	200 Lux	UCI	
Rampas acceso día	300 Lux	recepción caja	300 Lux	cocina	500 Lux	general	100
Rampas acceso noche	75 Lux	Cocina	550 Lux			exámenes simples	300
Calles, aparcamiento	75 Lux	comedor	s/atmósfera			E & tratam	1000
Caja	300 Lux	Autoservicio	200 Lux			Estancia nocturna	20
		Buffet	300 Lux				
TEATROS		Conferencias	500 Lux				
esayos, camerinos	300 Lux	Pasillos	100 Lux				
FERIAS PABELLONES							
Alumbrado general	300 Lux						

Una vez obtenida la iluminancia media mantenida se procede al cálculo de la VEEI según indica el Código Técnico mediante la siguiente expresión:

$$VEEI[lux] = \frac{Densidad \left[\frac{W}{m^2} \right] \cdot 100}{Illum. media mantenida}$$

Los datos de la $VEEI_{lim}$ se obtienen del Código Técnico en la sección HE 3, Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, concretamente en la página HE3-3 en la tabla 2.1.

El resultado de estos cálculos se resume en la siguiente tabla:

ESPACIO	SUPERFICIE (m2)	TOTAL (W)	DENSIDAD (W/m2)	Iluminancia media mantenida (lux)	VEEI	VEEI _{Lim}
P01_E01	303,13	828	2,73	75	3,64	5
P01_E02	40,31	228	5,66	150	3,77	5
P01_E03	10,87	202	18,58	300	6,19	4,5
P01_E04	49,82	332	6,66	300	2,22	4,5
P01_E05	9,36	277	29,59	300	9,86	4,5
P01_E06	275,75	792	2,87	75	3,83	5
P01_E07	21,07	140	6,64	200	3,32	5
P01_E08	8,26	0	0,00	150	0,00	4,5
P02_E01	66,99	708	10,57	500	2,11	3,5
P02_E02	9,49	52	5,48	200	2,74	4,5
P02_E03	48,62	552	11,35	500	2,27	3,5
P02_E04	31,65	479	15,13	300	5,04	4,5
P02_E05	60,69	536	8,83	300	2,94	3,5
P02_E06	25,26	224	8,87	300	2,96	4,5
P02_E07	64,55	623	9,65	500	1,93	3,5
P02_E08	46,55	392	8,42	200	4,21	5
P02_E09	18,69	208	11,13	500	2,23	3,5
P02_E10	14,32	0	0,00	150	0,00	4,5
P02_E11	56,86	587	10,32	500	2,06	3,5
P02_E12	19,29	502	26,02	300	8,67	4,5
P02_E13	82,71	744	9,00	200	4,50	5
P02_E14	42,3	336	7,94	500	1,59	3,5
P02_E15	24,93	200	8,02	500	1,60	4
P02_E16	6,44	32	4,97	200	2,48	5
P02_E17	151,31	1552	10,26	500	2,05	3,5
P02_E18	6,99	32	4,58	200	2,29	5

ANEXO 4: Cálculos de climatización

De las hojas de características de los equipos, disponibles en la documentación que se adjuntaba con el proyecto, se han obtenido las tablas que se muestran a continuación:

CONVECTORES				
Referencia	Marca	Modelo	Material	Potencia (W)
C-01;02	JAGA	TEMPO-Modelo de pie-tipo 20	Aluminio/Cobre	643
C-03;04	JAGA	TEMPO-Modelo de pie-tipo 20	Aluminio/Cobre	750
C-05;06;07	JAGA	TEMPO-Modelo de pie-tipo 20	Aluminio/Cobre	1.072
C-08;10;13 a 16	JAGA	TEMPO-Modelo de pie-tipo 20	Aluminio/Cobre	1.501
C-09	JAGA	TEMPO-Modelo de pie-tipo 20	Aluminio/Cobre	214
C-11;12	JAGA	TEMPO-Modelo de pie-tipo 20	Aluminio/Cobre	429
C-17	JAGA	TEMPO-Modelo de pie-tipo 20	Aluminio/Cobre	1.286
C-18	JAGA	TEMPO-Modelo de pie-tipo 20	Aluminio/Cobre	1.180
C-19;20	JAGA	TEMPO-Modelo de pie-tipo 20	Aluminio/Cobre	1.394

FAN-COILS							
Referencia	Marca	Modelo	Potencia Total (W)	Potencia Sensible (W)	Caudal Agua (l/s)	Caudal Impulsion (l/s)	Potencia Ventilador (W)
FC-01;04	AIRWELL	8030 AHN-A (solo frio)	4.559	3.638	0,22	201	112
FC-02	AIRWELL	7020 AHN-A (solo frio)	3.178	2.695	0,15	188	110
FC-03	AIRWELL	6030 AHN-A (solo frio)	3.216	2.215	0,15	149	64
FC-05;08;11 a 15	AIRWELL	7030 AHN-A (solo frio)	4.020	3.258	0,19	185	110
FC-06	AIRWELL	8020 AHN-A (solo frio)	3.989	3.412	0,19	207	112
FC-07	AIRWELL	2020 AHN-A (solo frio)	814	677	0,04	42	27
FC-09;10	AIRWELL	4020 AHN-A (solo frio)	1.612	1.414	0,08	89	39
FC-16	AIRWELL	6020 AHN-A (solo frio)	2.674	1.960	0,13	154	64
FC-17	AIRWELL	9030 AHN-A (solo frio)	7.887	6.639	0,38	403	291
FC-18	AIRWELL	5020 AHN-A (solo calor)	3.283	-----	0,16	148	45
FC-19	AIRWELL	3020 AHN-A (solo calor)	1.774	-----	0,09	77	40

EQUIPOS AUTONOMOS						
Referencia	Marca	Modelo	Potencia Calor (W)	Potencia Frio (W)	Caudal Impulsion (l/s)	Potencia Ventilador (W)
ATE 01	AIRWELL	Bomba calor GCNG 24 DCI	8.000	7.200	1.000	2.200
ATE 02	AIRWELL	Bomba calor GC 18 DCI	6.000	5.000	600	1.600

CLIMATIZADOR									
Referencia	Marca	Modelo	Potencia Calor (W)	Potencia Frio (W)	Ventilador Impulsion		Ventilador Retorno		% de recuperador
					Caudal (l/s)	Potencia Ventilador (W)	Caudal (l/s)	Potencia Ventilador (W)	
CL-01	WOLF	KG 40	22	15	793	1.500	733	1.500	62%

BOMBA DE CALOR					
Referencia	Marca	Modelo	Potencia Calor (W)	Potencia Frio (W)	Caudal (l/s)
BC-01	AIRWELL	AQH 80 STD	69,1	70,6	5.800

Para calcular el caudal de las bombas de los circuitos en (l/h) se ha sumado la potencia de calefacción y refrigeración y se ha aplicado la siguiente fórmula, aplicando un incremento de temperatura de 5°.

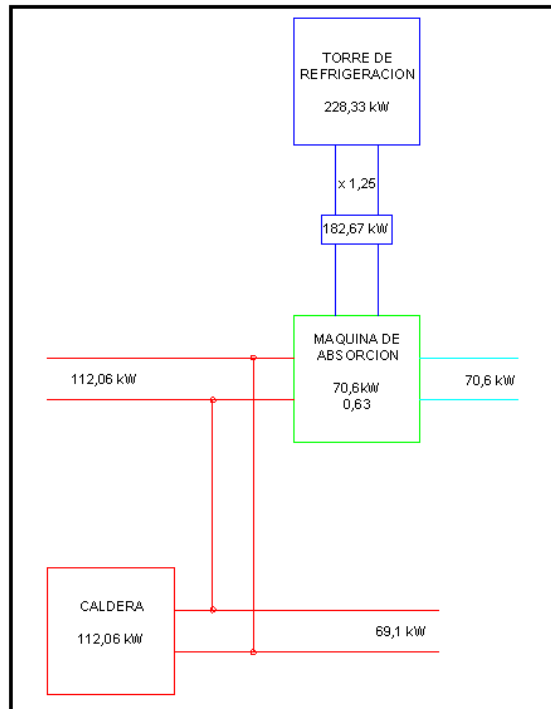
$$Caudal \left[\frac{l}{h} \right] = \frac{Potencia[kW]860}{\Delta Temperatura}$$

CALCULO BOMBAS			
Calefaccion (kW)	5,06	Refrigeracion (kW)	0
	2,79		8,82
	2,36		9,12
	2,57		6,39
	1,18		2,67
	2,79		7,89
	1,29		4,02
	1,5		4,02
	6,86		19,3
	22		15
Potencia total (kW)	48,4	Potencia total (kW)	77,23
Caudal bomba circuito (l/h)	8324,8	Caudal bomba circuito (l/h)	13283,56

El método de cálculo seguido ha consistido en buscar las potencias de cada equipo en las hojas de características que se adjuntaban en la documentación del caso práctico como se ha dicho anteriormente. A cada equipo se le asignó una referencia y posteriormente se ha ido buscando a que espacio pertenece cada equipo, para más tarde sumar sus potencias y poder hallar la potencia de calefacción y refrigeración de cada espacio. El resultado se muestra a continuación.

PLANTA	ESPACIO	TIPO	EQUIPOS			POTENCIA REFRIGERACION (W)	POTENCIA CALEFACCION (W)	CAUDAL (m3/h)
			Fancoils	Convectores	ATE			
SOTANO	P01_E01	No acondicionado	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	P01_E02	No acondicionado	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	P01_E03	No acondicionado	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	P01_E04	Acondicionado	18+19	-----	-----	-----	5.057	870
	P01_E05	No acondicionado	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	P01_E06	No acondicionado	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	P01_E07	No acondicionado	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	P01_E08	No acondicionado	-----	-----	-----	-----	-----	-----
PLANTA PRIMERA	P02_E01	Acondicionado	05+06+07	07+08+09	-----	8.823	2.787	1518
	P02_E02	No acondicionado	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	P02_E03	Acondicionado	01+04	01+02+06	-----	9.118	2.358	1568
	P02_E04	No acondicionado	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	P02_E05	Acondicionado	02+03	03+04+05	-----	6.394	2.572	1100
	P02_E06	Acondicionado	-----	-----	01	7.200	8.000	1238
	P02_E07	Acondicionado	-----	-----	02	5.000	6.000	860
	P02_E08	No acondicionado	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	P02_E09	Acondicionado	16	18	-----	2.674	1.180	460
	P02_E10	No acondicionado	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	P02_E11	Acondicionado	17	19+20	-----	7.887	2.788	1357
	P02_E12	No acondicionado	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	P02_E13	No acondicionado	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	P02_E14	Acondicionado	15	17	-----	4.020	1.286	691
	P02_E15	Acondicionado	14	16	-----	4.020	1.501	691
	P02_E16	No acondicionado	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	P02_E17	Acondicionado	08+09+10+11+12+13	10+11+12+13+14+15	-----	19.304	6.862	3320
	P02_E18	No acondicionado	-----	-----	-----	-----	-----	-----

ANEXO 5: Dimensionado de la máquina de absorción



A la hora de incluir la maquina absorción, se tuvo que redimensionar la caldera, y la torre de refrigeración. Se tomo como referencia la potencia de refrigeración que tenia que suministrar la maquina de absorción (70,6 kW). Para dimensionar la caldera, se dividió la potencia de refrigeración entre el redimiendo de la maquina de absorción y se comprobó cual de las potencias que requería la caldera era mayor, la de calefacción o que “pedía” la maquina de absorción. Por este motivo se redimensiona la caldera con una potencia de 112,06 kW. Para calcular la torre de refrigeración, se sumaron la potencia de la maquina de absorción y la de la caldera, multiplicando esta suma por un factor de 1,25 para asegurar que la torre es capaz de refrigerar, por ello la potencia de la torre de refrigeración es de 228,33 kW.

Para el cálculo de caudales de las bombas del circuito de condensación un ΔT de 5° , ya que se supuso que la torre funcionaría entre 35°C y 30°C

ANEXO 6: Definición de los horarios de CALENER GT

Horarios modificados en CALENER GT

Horario ocupación e iluminación

Laboral

0 - 1:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	8 - 9:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	9 - 10:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	10 - 11:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	11 - 12:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,4000"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio

Sábado

0 - 1:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	8 - 9:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	9 - 10:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	10 - 11:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	11 - 12:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio

Festivo

0 - 1:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	8 - 9:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	9 - 10:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	10 - 11:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	11 - 12:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio

Horarios de temperatura

Día siempre a 22°C

0 - 1:	<input type="text" value="22,0"/>	°C	8 - 9:	<input type="text" value="22,0"/>	°C	16 - 17:	<input type="text" value="22,0"/>	°C
1 - 2:	<input type="text" value="22,0"/>	°C	9 - 10:	<input type="text" value="22,0"/>	°C	17 - 18:	<input type="text" value="22,0"/>	°C
2 - 3:	<input type="text" value="22,0"/>	°C	10 - 11:	<input type="text" value="22,0"/>	°C	18 - 19:	<input type="text" value="22,0"/>	°C
3 - 4:	<input type="text" value="22,0"/>	°C	11 - 12:	<input type="text" value="22,0"/>	°C	19 - 20:	<input type="text" value="22,0"/>	°C
4 - 5:	<input type="text" value="22,0"/>	°C	12 - 13:	<input type="text" value="22,0"/>	°C	20 - 21:	<input type="text" value="22,0"/>	°C
5 - 6:	<input type="text" value="22,0"/>	°C	13 - 14:	<input type="text" value="22,0"/>	°C	21 - 22:	<input type="text" value="22,0"/>	°C
6 - 7:	<input type="text" value="22,0"/>	°C	14 - 15:	<input type="text" value="22,0"/>	°C	22 - 23:	<input type="text" value="22,0"/>	°C
7 - 8:	<input type="text" value="22,0"/>	°C	15 - 16:	<input type="text" value="22,0"/>	°C	23 - 24:	<input type="text" value="22,0"/>	°C

Día siempre a 24°C

0 - 1:	<input type="text" value="24,0"/>	°C	8 - 9:	<input type="text" value="24,0"/>	°C	16 - 17:	<input type="text" value="24,0"/>	°C
1 - 2:	<input type="text" value="24,0"/>	°C	9 - 10:	<input type="text" value="24,0"/>	°C	17 - 18:	<input type="text" value="24,0"/>	°C
2 - 3:	<input type="text" value="24,0"/>	°C	10 - 11:	<input type="text" value="24,0"/>	°C	18 - 19:	<input type="text" value="24,0"/>	°C
3 - 4:	<input type="text" value="24,0"/>	°C	11 - 12:	<input type="text" value="24,0"/>	°C	19 - 20:	<input type="text" value="24,0"/>	°C
4 - 5:	<input type="text" value="24,0"/>	°C	12 - 13:	<input type="text" value="24,0"/>	°C	20 - 21:	<input type="text" value="24,0"/>	°C
5 - 6:	<input type="text" value="24,0"/>	°C	13 - 14:	<input type="text" value="24,0"/>	°C	21 - 22:	<input type="text" value="24,0"/>	°C
6 - 7:	<input type="text" value="24,0"/>	°C	14 - 15:	<input type="text" value="24,0"/>	°C	22 - 23:	<input type="text" value="24,0"/>	°C
7 - 8:	<input type="text" value="24,0"/>	°C	15 - 16:	<input type="text" value="24,0"/>	°C	23 - 24:	<input type="text" value="24,0"/>	°C

Horarios de temperatura RITE

Día siempre a 21°C

0 - 1:	<input type="text" value="21,0"/>	°C	8 - 9:	<input type="text" value="21,0"/>	°C	16 - 17:	<input type="text" value="21,0"/>	°C
1 - 2:	<input type="text" value="21,0"/>	°C	9 - 10:	<input type="text" value="21,0"/>	°C	17 - 18:	<input type="text" value="21,0"/>	°C
2 - 3:	<input type="text" value="21,0"/>	°C	10 - 11:	<input type="text" value="21,0"/>	°C	18 - 19:	<input type="text" value="21,0"/>	°C
3 - 4:	<input type="text" value="21,0"/>	°C	11 - 12:	<input type="text" value="21,0"/>	°C	19 - 20:	<input type="text" value="21,0"/>	°C
4 - 5:	<input type="text" value="21,0"/>	°C	12 - 13:	<input type="text" value="21,0"/>	°C	20 - 21:	<input type="text" value="21,0"/>	°C
5 - 6:	<input type="text" value="21,0"/>	°C	13 - 14:	<input type="text" value="21,0"/>	°C	21 - 22:	<input type="text" value="21,0"/>	°C
6 - 7:	<input type="text" value="21,0"/>	°C	14 - 15:	<input type="text" value="21,0"/>	°C	22 - 23:	<input type="text" value="21,0"/>	°C
7 - 8:	<input type="text" value="21,0"/>	°C	15 - 16:	<input type="text" value="21,0"/>	°C	23 - 24:	<input type="text" value="21,0"/>	°C

Día siempre a 26°C

0 - 1:	<input type="text" value="26,0"/>	°C	8 - 9:	<input type="text" value="26,0"/>	°C	16 - 17:	<input type="text" value="26,0"/>	°C
1 - 2:	<input type="text" value="26,0"/>	°C	9 - 10:	<input type="text" value="26,0"/>	°C	17 - 18:	<input type="text" value="26,0"/>	°C
2 - 3:	<input type="text" value="26,0"/>	°C	10 - 11:	<input type="text" value="26,0"/>	°C	18 - 19:	<input type="text" value="26,0"/>	°C
3 - 4:	<input type="text" value="26,0"/>	°C	11 - 12:	<input type="text" value="26,0"/>	°C	19 - 20:	<input type="text" value="26,0"/>	°C
4 - 5:	<input type="text" value="26,0"/>	°C	12 - 13:	<input type="text" value="26,0"/>	°C	20 - 21:	<input type="text" value="26,0"/>	°C
5 - 6:	<input type="text" value="26,0"/>	°C	13 - 14:	<input type="text" value="26,0"/>	°C	21 - 22:	<input type="text" value="26,0"/>	°C
6 - 7:	<input type="text" value="26,0"/>	°C	14 - 15:	<input type="text" value="26,0"/>	°C	22 - 23:	<input type="text" value="26,0"/>	°C
7 - 8:	<input type="text" value="26,0"/>	°C	15 - 16:	<input type="text" value="26,0"/>	°C	23 - 24:	<input type="text" value="26,0"/>	°C

Horarios que por defecto crea CALENER GT

Horario ocupación e iluminación

Laboral

0 - 1:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	8 - 9:	<input type="text" value="0,2000"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	9 - 10:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	10 - 11:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	11 - 12:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="0,9000"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="0,4000"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,4000"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio

Sábado

0 - 1:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	8 - 9:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	9 - 10:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	10 - 11:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	11 - 12:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="0,3000"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,1000"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio

Festivo

0 - 1:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	8 - 9:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	16 - 17:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
1 - 2:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	9 - 10:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	17 - 18:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
2 - 3:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	10 - 11:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	18 - 19:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
3 - 4:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	11 - 12:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	19 - 20:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
4 - 5:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	12 - 13:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	20 - 21:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
5 - 6:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	13 - 14:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	21 - 22:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
6 - 7:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	14 - 15:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	22 - 23:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio
7 - 8:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	15 - 16:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio	23 - 24:	<input type="text" value="0,0000"/>	ratio

Horarios de temperatura

Día siempre a 20°C

0 - 1:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	8 - 9:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	16 - 17:	<input type="text" value="20,0"/>	°C
1 - 2:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	9 - 10:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	17 - 18:	<input type="text" value="20,0"/>	°C
2 - 3:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	10 - 11:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	18 - 19:	<input type="text" value="20,0"/>	°C
3 - 4:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	11 - 12:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	19 - 20:	<input type="text" value="20,0"/>	°C
4 - 5:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	12 - 13:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	20 - 21:	<input type="text" value="20,0"/>	°C
5 - 6:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	13 - 14:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	21 - 22:	<input type="text" value="20,0"/>	°C
6 - 7:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	14 - 15:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	22 - 23:	<input type="text" value="20,0"/>	°C
7 - 8:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	15 - 16:	<input type="text" value="20,0"/>	°C	23 - 24:	<input type="text" value="20,0"/>	°C

Día siempre a 25°C

0 - 1:	<input type="text" value="25,0"/>	°C	8 - 9:	<input type="text" value="25,0"/>	°C	16 - 17:	<input type="text" value="25,0"/>	°C
1 - 2:	<input type="text" value="25,0"/>	°C	9 - 10:	<input type="text" value="25,0"/>	°C	17 - 18:	<input type="text" value="25,0"/>	°C
2 - 3:	<input type="text" value="25,0"/>	°C	10 - 11:	<input type="text" value="25,0"/>	°C	18 - 19:	<input type="text" value="25,0"/>	°C
3 - 4:	<input type="text" value="25,0"/>	°C	11 - 12:	<input type="text" value="25,0"/>	°C	19 - 20:	<input type="text" value="25,0"/>	°C
4 - 5:	<input type="text" value="25,0"/>	°C	12 - 13:	<input type="text" value="25,0"/>	°C	20 - 21:	<input type="text" value="25,0"/>	°C
5 - 6:	<input type="text" value="25,0"/>	°C	13 - 14:	<input type="text" value="25,0"/>	°C	21 - 22:	<input type="text" value="25,0"/>	°C
6 - 7:	<input type="text" value="25,0"/>	°C	14 - 15:	<input type="text" value="25,0"/>	°C	22 - 23:	<input type="text" value="25,0"/>	°C
7 - 8:	<input type="text" value="25,0"/>	°C	15 - 16:	<input type="text" value="25,0"/>	°C	23 - 24:	<input type="text" value="25,0"/>	°C

Horarios de disponibilidad

Disponible

0 - 1:	<input type="text" value="0"/>	8 - 9:	<input type="text" value="1"/>	16 - 17:	<input type="text" value="1"/>
1 - 2:	<input type="text" value="0"/>	9 - 10:	<input type="text" value="1"/>	17 - 18:	<input type="text" value="1"/>
2 - 3:	<input type="text" value="0"/>	10 - 11:	<input type="text" value="1"/>	18 - 19:	<input type="text" value="1"/>
3 - 4:	<input type="text" value="0"/>	11 - 12:	<input type="text" value="1"/>	19 - 20:	<input type="text" value="1"/>
4 - 5:	<input type="text" value="0"/>	12 - 13:	<input type="text" value="1"/>	20 - 21:	<input type="text" value="1"/>
5 - 6:	<input type="text" value="0"/>	13 - 14:	<input type="text" value="1"/>	21 - 22:	<input type="text" value="1"/>
6 - 7:	<input type="text" value="0"/>	14 - 15:	<input type="text" value="1"/>	22 - 23:	<input type="text" value="0"/>
7 - 8:	<input type="text" value="0"/>	15 - 16:	<input type="text" value="1"/>	23 - 24:	<input type="text" value="0"/>

No disponible

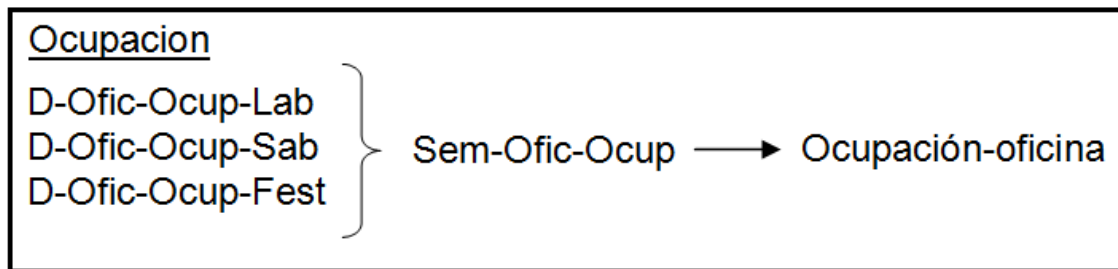
0 - 1:	<input type="text" value="0"/>	8 - 9:	<input type="text" value="0"/>	16 - 17:	<input type="text" value="0"/>
1 - 2:	<input type="text" value="0"/>	9 - 10:	<input type="text" value="0"/>	17 - 18:	<input type="text" value="0"/>
2 - 3:	<input type="text" value="0"/>	10 - 11:	<input type="text" value="0"/>	18 - 19:	<input type="text" value="0"/>
3 - 4:	<input type="text" value="0"/>	11 - 12:	<input type="text" value="0"/>	19 - 20:	<input type="text" value="0"/>
4 - 5:	<input type="text" value="0"/>	12 - 13:	<input type="text" value="0"/>	20 - 21:	<input type="text" value="0"/>
5 - 6:	<input type="text" value="0"/>	13 - 14:	<input type="text" value="0"/>	21 - 22:	<input type="text" value="0"/>
6 - 7:	<input type="text" value="0"/>	14 - 15:	<input type="text" value="0"/>	22 - 23:	<input type="text" value="0"/>
7 - 8:	<input type="text" value="0"/>	15 - 16:	<input type="text" value="0"/>	23 - 24:	<input type="text" value="0"/>

Siempre funcionando

0 - 1:	<input type="text" value="1"/>	8 - 9:	<input type="text" value="1"/>	16 - 17:	<input type="text" value="1"/>
1 - 2:	<input type="text" value="1"/>	9 - 10:	<input type="text" value="1"/>	17 - 18:	<input type="text" value="1"/>
2 - 3:	<input type="text" value="1"/>	10 - 11:	<input type="text" value="1"/>	18 - 19:	<input type="text" value="1"/>
3 - 4:	<input type="text" value="1"/>	11 - 12:	<input type="text" value="1"/>	19 - 20:	<input type="text" value="1"/>
4 - 5:	<input type="text" value="1"/>	12 - 13:	<input type="text" value="1"/>	20 - 21:	<input type="text" value="1"/>
5 - 6:	<input type="text" value="1"/>	13 - 14:	<input type="text" value="1"/>	21 - 22:	<input type="text" value="1"/>
6 - 7:	<input type="text" value="1"/>	14 - 15:	<input type="text" value="1"/>	22 - 23:	<input type="text" value="1"/>
7 - 8:	<input type="text" value="1"/>	15 - 16:	<input type="text" value="1"/>	23 - 24:	<input type="text" value="1"/>

En las páginas anteriores se han mostrado algunos de los horarios diarios que ofrece CALENER GT, tanto los que crea por defecto como los que se han ido modificando en pro de la eficiencia energética.

Crear estos horarios es realmente sencillo, ya que se crean los horarios diarios que se necesiten para construir los horarios semanales, y de estos se crean tantos como sean necesarios para definir el horario anual. El proceso se asemeja al mostrado en la siguiente ilustración:



De esta forma CALENER GT permite crear un horario anual bastante preciso con la realidad ya que se puede definir cualquier tipo de jornada, así como incluir periodos vacacionales

Lo más difícil, en la mayoría de los casos, será estimar datos como el porcentaje de ocupación o el porcentaje de luminarias encendidas.

ANEXO 7: Archivos simulados en el proyecto

En este anexo, se ha querido incluir los archivos de LIDER y CALENER GT que han sido simulados en el proyecto por si el lector siente curiosidad de cómo están creados.

En ellos podrá realizar las modificaciones que crea oportunas, siguiendo las indicaciones del proyecto, para poder familiarizarse con los dos programas y de este modo experimentar las reducciones o aumentos que se producen en las emisiones de CO₂.

Para poder abrir estos ficheros serán necesarias las aplicaciones LIDER y CALENER GT.

Ya que son aplicaciones de libre descarga se pueden obtener en la siguiente dirección:

LIDER:

<http://www.codigotecnico.org/index.php?id=33>

CALENER GT (y CALENER VYP):

<http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/ProgramaCalener/Paginas/DocumentosReconocidos.aspx>